

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB

Centro de Ciências Sociais Aplicadas – CCSA

Curso de Administração – CADM

**SELEÇÃO DE CARTEIRAS ÓTIMAS PELO MÉTODO DE  
MARKOWITZ: Análise do Índice de Sharpe, Índice de Treynor e Alfa de  
Jensen no *Microsoft Excel***

LYNDA LEE BATISTA DOS SANTOS LIMA

João Pessoa

Abril 2019

LYNDA LEE BATISTA DOS SANTOS LIMA

**SELEÇÃO DE CARTEIRAS ÓTIMAS PELO MÉTODO DE  
MARKOWITZ: Análise do Índice de Sharpe, Índice de Treynor e Alfa de  
Jensen no *Microsoft Excel***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para obtenção do título  
de Bacharel em Administração de Empresas,  
pelo Centro de Ciências Sociais Aplicadas, da  
Universidade Federal da Paraíba.

Orientadora: Profa. Mestre Suelle Cariele de  
Souza e Silva.

João Pessoa

Abril 2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

L732s Lima, Lynda Lee Batista Dos Santos.

Seleção de Carteiras Ótimas pelo Método de Markowitz:  
Análise do Índice de Sharpe, Índice de Treynor e Alfa  
de Jensen no Microsoft Excel / Lynda Lee Batista Dos  
Santos Lima. - João Pessoa, 2019.  
57f. : il.

Orientação: Suelle Cariele de Souza e Silva.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CCSA.

1. Markowitz. 2. Risco-retorno. 3. Diversificação. 4.  
Seleção de Carteira. 5. Indicadores de Desempenho. I.  
Silva, Suelle Cariele de Souza e. II. Título.

UFPB/CCSA

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção da graduação em Administração de Empresas pela Universidade Federal da Paraíba.

**Discente:** Lynda Lee Batista dos Santos Lima

**Título do trabalho:** Seleção de Carteiras Ótimas Pelo Método de Markowitz: Análise do índice de Sharpe, Índice de Treynor e Alfa de Jensen no *Microsoft Excel*

**Área de Conhecimento da Pesquisa:** Administração Financeira

Dissertação aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Mestre Suelle Cariele de Souza e Silva (Orientadora)  
Universidade Federal da Paraíba

---

Prof. Doutor Cláudio Pilar da Silva Junior (Examinador Interno)  
Universidade Federal da Paraíba

*Dedico este trabalho a minha mãe,  
por sempre está ao meu lado em todos os  
momentos da minha vida e por me  
mostrar que tudo é possível, basta  
acreditar. Seu apoio foi essencial para  
concretização desse sonho.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por sempre me guiar nos caminhos difíceis e por ter me ajudado a superar cada obstáculo dessa caminhada.

A minha mãe, por me apoiar, incondicionalmente, em todos os momentos.

Ao meu irmão, meus avós, meu tio e meu padrasto, por todas as palavras de incentivo e apoio.

A minha professora orientadora Suelle Cariele, por todos os ensinamentos e conhecimentos passados que contribuíram para o meu amadurecimento e por acreditar em mim. Agradeço também por me aturar (risos) como monitora durante três períodos.

A professora Célia Zago, pelo incentivo e apoio durante o processo de construção do projeto deste trabalho.

Ao professor Cláudio Pilar, por aceitar fazer parte desta banca.

Aos meus seis cachorros, Pelé, Mel, Marley, Spyke, Pingo e Lilica, por todos os momentos de descontração, animação e desestresse sempre que eu precisava.

As minhas amigas Débora Beatriz e Luana Aguiar, por sempre torcerem por mim.

As minhas eternas duplas de trabalho, Heudja Varela e Karoline Diniz, por todo conhecimento e aprendizado compartilhado, apoio e companheirismo.

Aos meus amigos da universidade, em especial, Flávia Simões, Isaac Azevedo, Thaynara Soares e Wiviani Caroline Cartaxo, por todas as manhãs divertidas.

As minhas amigas da EJA Consultoria: Jainny Ferreira, Thâmila Moliterno e Thamiris Rodrigues, por ajudarem no meu desenvolvimento profissional.

*“Tudo posso naquele que me fortalece.”*

Filipenses 4:13

## RESUMO

O Modelo de Seleção de Carteiras surgiu em 1952, criado pelo economista Harry Max Markowitz, sendo o pioneiro na análise do risco nos investimentos. Este risco representa a possibilidade do investidor ter algum prejuízo com o investimento realizado. Inicialmente, nas análises realizadas a respeito da avaliação de desempenho não se usavam medidas de risco, apenas se comparavam as rentabilidades das carteiras com um índice padrão, como o Índice Ibovespa. A partir do modelo de seleção de carteiras proposto por Markowitz e o *Capital Asset Pricing Model*, o risco surge como medida de avaliação de desempenho de investimentos. Dessa forma, alguns pesquisadores desenvolveram índices de mensuração de performance da carteira ótima, são eles: Índice de Treynor, Índice de Sharpe e Alfa de Jensen. Baseado na Teoria da Seleção de Carteiras, desenvolvida por Harry Markowitz (1952), a presente pesquisa teve por objetivo selecionar carteiras de ações capazes de apresentar um retorno máximo para um dado nível de risco assumido, ou um risco mínimo para um dado retorno esperado. As carteiras foram formadas a partir dos ativos que compõem o Índice Ibovespa durante o período de dezembro de 2013 a dezembro de 2018, identificando a participação de investimento de cada ação na composição da carteira; e, em seguida, avaliando a performance das carteiras com o mercado e entre elas mesmas. Como ferramenta para o cálculo da otimização da carteira foi utilizado o Solver, recurso do Microsoft Excel. A coleta de dados foi realizada no banco de dados Economatica. Primeiramente, foram calculados os riscos e retornos médios de cada ação, onde foi identificado que a ação com maior retorno é a MGLU3 com 5,41%, e a que possui o maior risco é a USIM5 com 22,43% de desvio-padrão e 2,85 de beta ( $\beta$ ). Em seguida, foi criada uma Carteira Simples, composta por 59 ativos com o mesmo peso. Esta obteve um retorno e um risco maior que o da carteira de mercado. Posteriormente, foi criada a Carteira de Variância Mínima, composta por 14 ativos, cujo o objetivo era a diminuição do risco de forma que o retorno não fosse menor que o da carteira de mercado, tendo como resultado um retorno igual ao do mercado e um risco menor que o da carteira de mercado. E a última carteira, denominada como Carteira de Máximo Retorno, cuja composição com 4 ativos, tinha o objetivo de maximizar o retorno para um risco menor ou igual ao da carteira IBOV. Os resultados foram um retorno superior ao do Índice Ibovespa e um risco igual ao da carteira de mercado. Partindo para as análises dos indicadores de desempenho das carteiras, Índice de Treynor, Índice de Sharpe e Alfa de Jensen, a carteira que obteve o melhor desempenho nas três análises foi a Carteira de Máximo Retorno. Conclui-se que as carteiras otimizadas provam que o investidor não precisa investir em todos os ativos do Índice Ibovespa para possuírem um retorno satisfatório, assim como atesta que o Modelo de Seleção de Carteiras de Markowitz é viável para formação de uma carteira eficiente e que a escolha dentre uma carteira de mínimo risco e máximo retorno vai depender das características comportamentais do investidor, se o mesmo é avesso ao risco ou não.

**Palavras-chave:** Markowitz. Risco-retorno. Diversificação. Seleção de carteira. Indicadores de Desempenho.



## ABSTRACT

The Portfolio Selection Model emerged in 1952, created by the economist Harry Max Markowitz, as the pioneer in the investment risk analysis. This risk represents the investor's possibility of having any losses on the investment made. Initially, the analysis made about the performance evaluation did not use any risk measures, only comparing themselves to the portfolio's profitability as a pattern, as the Ibovespa Index. Up to the point of the portfolio selection model, proposed by Markowitz and the Capital Asset Pricing Model, the risk appears as an investment performance evaluation's measure. This way, some researches have developed measure's indexes of great portfolio's performance, as: Treynor Ratio, Sharpe Ratio and Jensen's Alpha. Based on the Portfolio Selection Theory, developed by Harry Markowitz (1952), the present research had as goal select a stock portfolio capable of present the maximum return for a given level of risk taken, or a minimum risk for a given expected return. The portfolios were created from the assets that compose the Ibovespa Index during the period from December 2013 to December 2018, identifying the investment share of each share in the portfolio composition; and, then, evaluating the performance of the portfolios with the market and among themselves. As a tool for the portfolio's optimization calculus the Solver was used, a Microsoft Excel's resource. The data collection was made in the data bank called Economatica. First, the average risks and returns of each share were calculated, where it was identified that the action with the highest return is MGLU3 with 5.41%, and the one with the highest risk is USIM5 with 22.43% of standard deviation and 2.85 of beta ( $\beta$ ). Followed by that, a Simple Portfolio was created, composed of 59 assets with the same weight. This one yielded a return and a higher risk than that of the market portfolio. After that, the Minimum Variance Portfolio, composed by 14 assets, whose objective was to reduce risk in a way that the return was not lower than that of the market portfolio, resulting in an equal return to that of the market and a lower risk than that of the market portfolio. And the last portfolio, called Maximum Return Portfolio, whose 4 assets composition had the objective of maximizing the return to a risk less than or equal to that of the IBOV portfolio. The results were a superior return than the Ibovespa Index and a risk equal to that of the market portfolio. Starting with the portfolio performance indicators, Treynor Ratio, Sharpe Ratio and Jensen's Alpha, the portfolio that had the best performance in all three analyzes was the Maximum Return Portfolio. It is concluded that the optimized portfolio proves that the investor does not need to invest in all Ibovespa Index's assets in order to have a satisfactory return, as well as confirms that the Markowitz Portfolio Selection Model is feasible for the formation of an efficient portfolio and the choice between a minimum risk portfolio and maximum return will depend on the behavioral characteristics of the investor, whether it is risk averse or not.

**Keywords:** Markowitz. Risk-return. Diversification. Portfolio selection. Performance indicators.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curvas de Risco-Retorno Possíveis.....	22
Figura 2 – Região Factível.....	22
Figura 3 – Fronteira Eficiente dos Ativos de Risco.....	23
Figura 4 – Oportunidades de Investimento.....	24
Figura 5 – Passo 1: Análise de Dados.....	54
Figura 6 – Passo 2: Selecionar Intervalo.....	54
Figura 7 – Passo 3: Matriz de Covariância Gerada.....	55
Figura 8 – Passo 4: Preencher Matriz de Covariância.....	55
Figura 9 – Passo 5: Preencher Matriz de Covariância.....	56
Figura 10 – Passo 6: Matriz de Covariância Completa.....	56
Figura 11 – Parâmetros do Solver para Minimização do Risco.....	34
Figura 12 – Parâmetros do Solver para Maximização do Retorno.....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Composição Setorial da Carteira Bovespa.....	50
Quadro 2 – Amostra de Ações.....	51
Quadro 3 – <i>Ranking</i> do Retorno Médio, Variância e Desvio-padrão.....	52
Quadro 4 – <i>Ranking</i> do Beta dos Ativos.....	53
Quadro 5 – Percentual Investido na Carteira Simples.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – <i>Ranking</i> do Retorno e do Risco da Amostra.....	36
Tabela 2 – Resultados da Carteira Simples.....	37
Tabela 3 – Composição da Carteira de Variância Mínima.....	39
Tabela 4 – Resultados da Carteira de Variância Mínima.....	40
Tabela 5 – Composição da Carteira de Máximo Retorno.....	41
Tabela 6 – Resultados da Carteira de Máximo Retorno.....	41
Tabela 7 – Resultados do Índice de Treynor.....	42
Tabela 8 – Resultados do Índice de Sharpe.....	43
Tabela 9 – Resultados do Alfa de Jensen.....	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

B3	Brasil, Bolsa, Balcão
CML	Capital Market Line
CVM	Carteira de Variância Mínima
CAPM	Capital Asset Pricing Model
IBOV	Índice Bovespa
ISh	Índice de Sharpe
ISG	Índice de Sharpe Generalizado
IT	Índice de Treynor
SML	Security Market Line

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	14
1.1 Objetivo Geral	15
1.2 Objetivos Específicos	16
1.3 Justificativa	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	18
2.1 Retorno e Risco do Ativo e da Carteira	18
2.2 Modelo de Markowitz: Teoria da Seleção de Carteiras	18
2.3 Fronteira Eficiente de Ativos de Risco	21
2.4 <i>Capital Asset Pricing Model</i> – CAPM	23
2.5 Medidas de Desempenho Financeiro da Carteira de Ativos	26
2.5.1 Índice de Treynor	26
2.5.2 Índice de Sharpe	27
2.5.3 Alfa de Jensen	29
<b>3 METODOLOGIA</b>	31
3.1 Definição da Amostra e Coleta de Dados	31
3.2 Seleção dos Ativos	31
3.3 Processamento de Dados	32
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	36
4.1 Risco e Retorno das Ações da Carteira Ibovespa	36
4.2 Otimização da Carteira	37
4.2.1 Carteira Simples	37
4.2.2 Carteira de Variância Mínima	38
4.2.3 Carteira de Máximo Retorno	40
4.2.4 Comparação entre as Carteiras	41
4.3 Desempenho das Carteiras	42
4.3.1 Análise do Índice de Treynor das Carteiras	42
4.3.2 Análise do Índice de Sharpe das Carteiras	43
4.3.3 Análise do Alfa de Jensen das Carteiras	43
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	45
<b>REFERÊNCIAS</b>	47
<b>APÊNDICE</b>	50

## 1 INTRODUÇÃO

Durante o século XIX, os investidores começaram a buscar formas mais objetivas para mensurar o risco dos investimentos, isso ocorreu devido ao desenvolvimento do mercado acionário durante essa época. As medidas subjetivas eram utilizadas devido à dificuldade de se obter informações mais confiáveis para mensuração do risco dos ativos de uma carteira de investimento (PEROTTI JUNIOR; PAYÉS, 2015).

Devido aos mecanismos legais elaborados na primeira metade do século XIX, as informações sobre o mercado financeiro se tornaram mais confiáveis, já que os investidores e estudiosos do campo das finanças tinham acesso aos relatórios financeiros elaborados pelas organizações. Com isso, o interesse em analisar a relação risco-retorno dos investimentos se tornou frequente no momento da tomada de decisão dos investidores (PEROTTI JUNIOR; PAYÉS, 2015).

Em 1952, Harry Max Markowitz escreveu o artigo *Portfolio Selection*, em que apresentou o Modelo de Seleção de Carteira, revolucionando o mercado financeiro, que antes de seus estudos não consideravam o risco nos investimentos em ativos. Este risco representa a possibilidade do investidor ter algum prejuízo com o investimento realizado.

Dessa forma, Markowitz (1952) dividiu o processo de seleção de portfólio em dois estágios, o primeiro começa com a observação e experiência do investidor e termina com as crenças ou opiniões do mesmo a respeito do futuro desempenho dos títulos disponíveis, já o segundo começa com as opiniões relevantes sobre as performances futuras e termina com a escolha da carteira mais interessante.

Inicialmente, nas investigações realizadas a respeito da avaliação de desempenho não se usavam medidas de risco, apenas se comparavam as rentabilidades das carteiras com um índice padrão (CORREIA; NEVES, 2013). A partir do modelo de seleção de carteiras proposto por Markowitz e o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), o risco surge como parâmetro importante na avaliação do desempenho (CORREIA; NEVES, 2013). Dessa forma, alguns pesquisadores desenvolveram índices de mensuração de performance da carteira ótima, são eles:

- Jack L. Treynor: em 1965, desenvolveu o Índice de Treynor, que utiliza apenas o risco sistemático para avaliar a performance da carteira;
- William F. Sharpe: desenvolveu, em 1966, o Índice de Sharpe, que ao contrário do anterior, considera o risco total da carteira;

- Michael Jensen: criou em 1968, o Alfa de Jensen que tem como finalidade medir o excesso de retorno obtido em relação ao previsto pelo Modelo de Precificação de Capitais.

Esses indicadores de desempenho, baseados na Moderna Teoria das Carteiras, têm como finalidade avaliar a relação entre os retornos esperados do ativo e os riscos do mesmo (SILVEIRA; SANTOS; RODRIGUES, 2017), verificando se o retorno obtido realmente compensou o risco que o investidor correu ao investir no ativo. Ou seja, mostra se um determinado investidor alcançou um nível de desempenho superior a um outro ou em relação a um determinado padrão, sempre considerando o risco (CORREIA; NEVES, 2013).

Sendo assim, a análise de desempenho contribui para o direcionamento dos recursos dos investidores que buscam aplicações alinhadas as suas expectativas de risco e retorno, contribuindo para uma melhor seleção de ativos que participará da composição da carteira (GASPAR; SANTOS; RODRIGUES, 2014).

Essa análise gera informações confiáveis que embasam a escolha do investidor por determinado portfólio, levando em consideração sua aversão a perda, considerada um dos pilares das finanças comportamentais (SILVA ET AL., 2008). Esse conhecimento propicia ao investidor uma maior segurança na seleção da carteira e, consequentemente, gera uma motivação para futuros investimentos. Porém, de acordo com Silva et al. (2008), deve-se ter cuidado para que os bons rendimentos com os investimentos não gerem uma autoconfiança excessiva, fazendo com que o investidor pressuponha que suas informações são melhores e mais confiáveis que as de outros investidores que atuam no mercado.

Para tanto, este trabalho tem o intuito de responder a seguinte problemática: **qual o desempenho financeiro de uma carteira selecionada pela metodologia de Markowitz?**

O trabalho abordará o Retorno e Risco do Ativo e da Carteira, o Modelo de Seleção de Carteira de Markowitz, a Fronteira Eficiente de Ativos de Risco e o Modelo de Precificação de Ativos de Capitais, assim como os Índices de Sharpe, Índice de Treynor e Alfa de Jensen. Logo após, será explicada a metodologia que foi utilizada para se alcançar os objetivos desejados, os resultados obtidos através da mesma e a conclusão do trabalho.

## **1.1 Objetivo Geral**

Analisar o desempenho financeiro de uma carteira selecionada pela metodologia de Markowitz.



## 1.2 Objetivos Específicos

- Calcular o retorno, desvio-padrão ( $\sigma$ ) e beta ( $\beta$ ) dos ativos;
- Otimizar a carteira pelo Modelo de Seleção de Carteiras de Markowitz;
- Calcular o Índice de Sharpe, Índice de Treynor e Alfa de Jensen ( $\alpha$ ) dos ativos.

## 1.3 Justificativa

Com um ambiente de incerteza política, elevada inflação e crise econômica, os brasileiros começam a entender a importância de poupar seus recursos financeiros para se prevenir do atual estado socioeconômico do país. A redução do consumo proveniente das elevadas taxas de desemprego fez com que muitos trabalhadores ampliassem sua poupança (COTIAS, 2017).

Dessa forma, o mercado acionário brasileiro vem crescendo, o número de investidores na bolsa de valores brasileira (Brasil, Bolsa, Balcão – B3) chegou a 736,781 mil em julho de 2018, representando um crescimento de 19,5% no ano (CAMPOS, 2018).

Apesar disso, ainda cerca de 56% da população ativa (composta pelas classes A, B e C) não demonstra interesse em investir seus recursos financeiros (COTIAS, 2018), tanto na bolsa quanto na poupança, a qual é a aplicação mais comum para quem procura investimentos de baixíssimo risco.

A causa para essa falta de interesse advém dos investidores não possuírem um conhecimento básico sobre o mercado financeiro (MENDES; FERREIRA, 2012), deixando que o receio de obter algum prejuízo com um investimento se torne uma barreira cada vez maior. Como afirma Markowitz (1952) os investidores são avessos ao risco, por isso ao escolher carteiras de mesmo retorno optariam pela que possui o menor risco.

Um investimento é considerado viável quando seu retorno consegue satisfazer a expectativa do investidor (GASPAR; SANTOS; RODRIGUES, 2014), dessa forma o estudo sobre o desempenho da carteira ótima é relevante para servir de direcionamento para investidores que buscam empregar seus recursos financeiros de forma viável, com aplicações adequadas as suas expectativas de retorno e risco.

Em um processo de investimento é possível identificar algumas fases, como a definição do método de investimento e análise dos ativos, a constituição da carteira e a, última fase, revisão e avaliação do desempenho da mesma. Sendo a última etapa responsável por

identificar certas fraquezas no procedimento realizado, permitindo que seja possível agir em conformidade e iniciar novamente o processo (CORREIA; NEVES, 2013).

A avaliação de desempenho envolve particular importância para os investidores, para os gestores, para as entidades reguladoras e de supervisão do mercado financeiro e para os acadêmicos (CORREIA; NEVES, 2013). Os investidores atuais e potenciais, pois a análise de desempenho é um ciclo, que auxilia na tomada de decisão e permite identificar possíveis fraquezas nos investimentos, fazendo com que os investidores possam agir em conformidade e iniciar o processo de seleção novamente. Para os gestores, principalmente quando os retornos estão relacionados à performance alcançada pelo investimento. Para as entidades reguladoras e de supervisão do mercado financeiro, especialmente as interessadas nas atividades dos fundos de investimento na aplicação de poupanças. Para os acadêmicos, que estudam a hipótese da eficiência dos mercados, já que se os ativos sistematicamente forem superiores que o mercado, então é possível que o mercado não seja eficiente.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Retorno e Risco do Ativo e da Carteira**

Retorno significa o valor que se espera que um ativo possa proporcionar no próximo período ao investidor (SILVA, 2008). Espera-se que esse retorno seja positivo, representando um ganho financeiro com o investimento realizado.

Este retorno pode ser obtido de duas maneiras: a partir de mudanças no valor de investimento no intervalo de tempo proposto ou por meio do fluxo de caixa adicional proveniente de lucros, dividendos, juros, entre outros (SOUZA ET AL., 2017).

O retorno de um investimento pode se referir a um ativo individual ou a uma carteira de ativos. O primeiro ocorre quando o investidor opta por aplicar seu dinheiro em um único ativo, já o segundo acontece quando o mesmo aplica seu capital em diversos ativos, normalmente de segmentos diferentes de mercado, gerando a composição de uma carteira de ativos.

Risco de um investimento pode ser definido como algo além de perdas financeiras (MARKOWITZ, 1952). Ou seja, o risco é visto como incerteza de se obter o retorno estimado e em suas variações no resultado esperado. Classifica-se o risco como diversificável (ou não sistemático) e não diversificável (ou sistemático).

O primeiro, não depende exclusivamente das variações do mercado, mas sim das características intrínsecas de cada ativo que compõe a carteira, que pode afetar o desempenho da carteira. Por meio da diversificação, este risco pode ser eliminado da carteira, uma vez que as perdas de alguns ativos serão compensadas pelos ganhos de outros ativos, reduzindo portando o risco total da carteira de investimento. Já o segundo tipo de risco está relacionado com as flutuações que ocorrem no mercado de forma conjuntural, sendo assim não pode ser eliminado com um processo de diversificação, já que pode afetar as empresas em geral (SILVA, 2008).

### **2.2 Modelo de Markowitz: Teoria da Seleção de Carteiras**

O Modelo de Seleção de Carteiras surgiu em 1952, criado pelo economista Harry Max Markowitz, sendo o pioneiro na análise do risco nos investimentos. Para o desenvolvimento desse novo modelo de seleção de ativos, primeiramente, Markowitz,

estabeleceu algumas premissas para determinar as características fundamentais de uma carteira, o retorno esperado e seu risco (também chamado de variância ou desvio-padrão), todas envolvendo o comportamento do investidor, são elas (ALMEIDA; SILVA; RIBEIRO, 2010):

- Os investidores deveriam avaliar as carteiras com base no seu retorno médio e o seu desvio-padrão, dentro do tempo estabelecido para o investimento;
- Os investidores são avessos ao risco, assim ao escolherem entre carteiras com o mesmo retorno, mas com risco diferentes, os mesmos escolhem a que possui o menor risco;
- Os investidores estão sempre insatisfeitos com o retorno de seus investimentos, por isso tendo que escolher entre carteiras com o mesmo risco, mas com retorno distintos, os mesmos escolhem a que possui o maior retorno;
- O investidor pode dividir continuamente os ativos, ou seja, seria permitido comprar as mesmas frações de ações;
- Seria permitido comprar a mesma fração de ações e todos os impostos e custos de transação seriam irrelevantes.

O modelo de Markowitz (1952) se apoia nos parâmetros estatísticos da média, variância (ou desvio-padrão) e covariância (ou correlação), registrando a soma das variâncias individuais dos ativos e covariâncias dos pares dos ativos, levando em consideração o peso (ou proporção) que foi investido em cada ativo da carteira.

A variância da carteira depende da covariância entre os pares de ativos, e a covariância tem dependência com a correlação entre os ativos, sendo assim, o modelo sugere que se deve encontrar ativos com baixa correlação entre si, para que um possa minimizar as perdas do outro. Dessa forma, para o investidor, é interessante obter uma carteira com ativos negativamente correlacionados, já que a baixa correlação minimiza o risco, proporcionando uma combinação de ativos em que o risco é menor, sem diminuir o retorno de forma proporcional (SILVA, 2008).

Como afirmado por Markowitz (1952), a diversificação não é a única forma de diminuir o risco do investimento, também deve ser levado em consideração a covariância desses ativos na tomada de decisão dos investidores. Markowitz (1952, p. 89) argumenta que:

[...] ao tentar tornar a variação pequena, não basta investir em muitos títulos. É necessário evitar investir em títulos com altas covariâncias entre si. Devemos diversificar em todos os setores porque empresas em diferentes indústrias, especialmente indústrias com características econômicas diferentes, têm covariâncias menores do que as empresas dentro de uma mesma indústria.

Segundo Markowitz (1952), o investidor é avesso ao risco, dessa forma ao escolher entre dois ativos de mesmo retorno optará pelo que possui o menor risco. Dessa forma, a relação risco-retorno sempre será analisada na escolha de uma carteira de ativos.

O retorno esperado de uma carteira é definido por Markowitz (1952) como a soma ponderada dos retornos esperados dos ativos individuais que a compõem. Dessa forma, quanto maior o rendimento do ativo e de sua proporção na composição da carteira, maior será o retorno da mesma (Equação 1):

$$R_c = \sum_{i=1}^N (R_i W_i) \quad (1)$$

Onde:

$R_c$  = retorno da carteira;

$R_i$  = retorno esperado de cada ativo;

$W_i$  = percentual (peso ou proporção) investido em cada ativo.

Enquanto isso, o risco pode ser obtido tanto por meio da variância como por meio do desvio-padrão do retorno do ativo. A variância terá um comportamento diferente do retorno da carteira, quando adicionado mais ativos na composição, as proporções se tornarão mais diluídas, por consequência diminui o resultado de suas multiplicações com as covariâncias, causando uma redução da variância da carteira (SILVA, 2008). Sendo assim, esse efeito corrobora o princípio da diversificação, que quanto mais um portfólio for diversificado, menor será seu risco (PEREIRA; HENRIQUE, 2016), como demonstrado na Equação 2:

$$\theta^2(c) = W_A^2 \theta_A^2 + W_B^2 \theta_B^2 + 2W_A W_B \text{COV}_{A,B} \quad (2)$$

Onde:

$\theta^2(c)$  = variância da carteira;

$W_A; W_B$  = percentual (peso ou proporção) investido em cada ativo;

$\theta_A^2; \theta_B^2$  = variância de cada ativo;

$\text{COV}_{A,B}$  = covariância entre dois ativos.

A covariância entre dois ativos pode ser obtida por meio da Equação 3 (SILVA, 2008):

$$COV_{X,Y} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{n - 1} \quad (3)$$

Onde:

$COV_{X,Y}$  = covariância entre dois ativos;

$X_i; Y_i$  = retorno dos ativos da carteira;

$\bar{X}; \bar{Y}$  = retorno médio de cada ativo;

$n$  = número de ativos.

A covariância também pode ser obtida conforme Equação 4 (GASPAR; SANTOS; RODRIGUES, 2014):

$$COV_{X,Y} = \rho_{X,Y} \theta_X \theta_Y \quad (4)$$

Onde:

$\rho_{X,Y}$  = correlação entre os retornos dos ativos;

$\theta_X$  = desvio-padrão do retorno do ativo x;

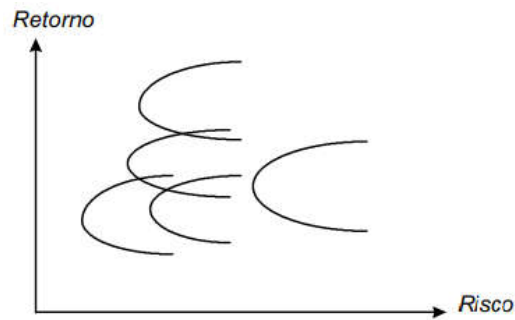
$\theta_Y$  = desvio-padrão do retorno do ativo y.

Dessa forma, a partir dessas Equações, é possível mensurar o retorno e o risco de uma carteira de ativos, possibilitando sua otimização, ou seja, obter uma carteira que proporcione a maximização do retorno, dado um risco ou a minimização do risco, dado um retorno.

### 2.3 Fronteira Eficiente de Ativos de Risco

Quando estimado os valores dos retornos, variâncias, covariâncias e proporções dos ativos que compõem as carteiras ótimas possíveis, essas formam um conjunto de hipérboles, como apresentado na Figura 1 (HIEDA; ODA, 1998):

**Figura 1 – Curvas de Risco-Retorno Possíveis**

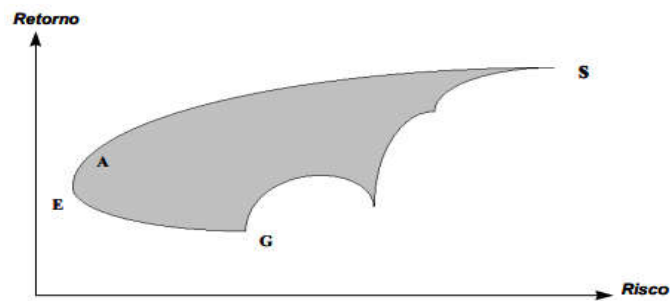


Fonte: HIEDA; ODA (1998).

Esse conjunto de hipérbolas, seguindo as restrições de que todo o capital deve ser investido e que não haverá a alavancagem, formam um conjunto compacto (HIEDA; ODA, 1998), também conhecido como Fronteira Eficiente dos Ativos de Risco.

Segundo Perotti Junior e Payés (2015), Markowitz encontrou as carteiras ótimas para cada nível e risco, denominado de Fronteira Eficiente a apresentação gráfica de todas as combinações, em que as abscissas correspondem ao risco e as ordenadas ao retorno. Nesta fronteira é possível selecionar o maior retorno tendo o menor risco possível, assim como identificar a Carteira de Variância Mínima (CVM), representada na Figura 2 pela letra E, a que possui o menor risco dentre as demais carteiras apresentadas, enquanto a letra S, representa a maior relação risco-retorno, como demonstrado na Figura 2:

**Figura 2 – Região Factível**

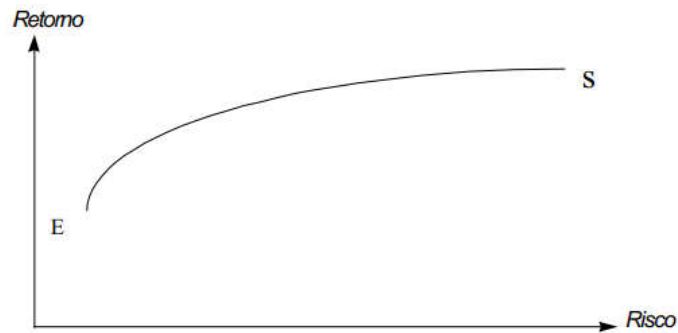


Fonte: HIEDA; ODA (1998).

Sabendo das premissas dos investidores em relação ao risco e retorno, os pontos de interesse da curva são representados pelas letras E (menor risco) e S (maior retorno) (HIEDA; ODA, 1998). Sendo assim é obtida Fronteira Eficiente dos Ativos de Risco, em que qualquer ponto acima da CVM escolhido nessa curva é viável para o investidor, já que os retornos

localizados na linha da fronteira são os mais eficientes para cada nível de risco, conforme ilustrado na Figura 3 (PEROTTI JUNIOR; PAYÉS, 2015).

**Figura 3 – Fronteira Eficiente dos Ativos de Risco**



Fonte: HIEDA; ODA (1998).

## **2.4 Capital Asset Pricing Model – CAPM**

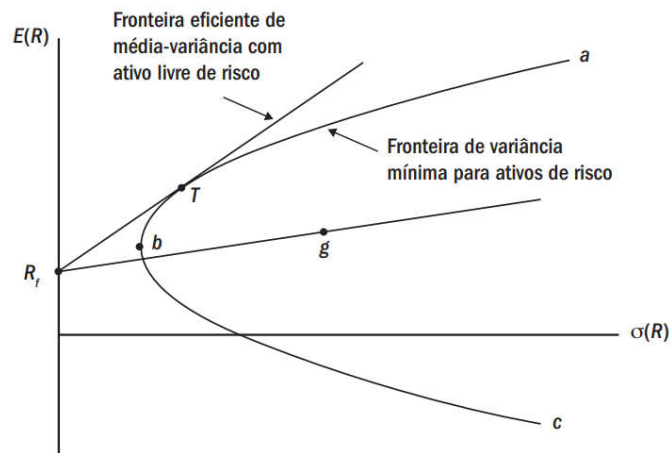
Com o princípio de que o investidor é avesso a riscos e procura um investimento que proporcione um maior retorno com o menor risco, ou seja, que maximize sua utilidade (SHARPE, 1964), o modelo econômico *Capital Asset Pricing Model* (Modelo de Precificação de Ativos de Capitais) surgiu a partir dos estudos desenvolvidos, independentemente, por três pesquisadores: Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), conforme Silva, Nogueira e Ribeiro (2015).

Partindo do pressuposto de que existe uma carteira de ativos perfeitamente diversificada, ou seja, o risco dos ativos individuais não é recompensado, sendo recompensado apenas o risco de mercado (sistemático), o modelo CAPM apresenta a taxa de retorno teórica de um investimento em relação à carteira de mercado, a qual é perfeitamente diversificada. Essa taxa teórica é decorrente do equilíbrio dos ativos de risco, em função de suas covariâncias com a carteira de mercado. Sendo assim, a taxa de retorno teórica de um investimento aumenta em relação ao aumento do risco do mercado, ou seja, existe uma relação direta entre risco e retorno (GASPAR; SANTOS; RODRIGUES, 2014). Sharpe (1964) afirma que o investidor pode obter uma taxa de retorno mais alta, levando em consideração, apenas, o risco adicional incorrido. Dessa forma, o mercado apresenta dois preços: o preço do tempo (ou taxa de juros pura) e o preço do risco, representado pelo retorno adicional esperado por unidade de risco suportado pelo investimento.



Outras premissas do CAPM estão relacionadas com a Fronteira Eficiente abordada por Markowitz, sendo assim todos os investidores possuem o mesmo conjunto de oportunidades, tendo acesso a mesma carteira de ativos (Figura 4, representada pelo ponto T) à uma determinada taxa livre de risco (FAMA; FRENCH, 2007). Já que todos os investidores detêm expectativas homogêneas, a carteira de ativos de risco possuída por um investidor será igual às demais carteiras portadas pelos outros investidores, a qual estando em equilíbrio ela será denominada como carteira de mercado, deixando para o investidor, apenas, duas possíveis aplicações de investimento, em uma carteira de mercado ou um ativo livre de risco (CASACCIA ET AL., 2011). Dessa forma, a carteira de mercado deve estar sobre a fronteira de variância mínima para que ocorra o equilíbrio do mercado de ativos (FAMA; FRENCH, 2007).

**Figura 4 – Oportunidades de Investimento**



Fonte: FAMA; FRENCH (2017).

O CAPM admite que o retorno esperado do ativo é obtido por meio da função linear de três variáveis: o beta ( $\beta$ ), a taxa de retorno do ativo livre de risco e o retorno da carteira de mercado, como demonstrado na Equação 5 (CASACCIA ET AL., 2011):

$$R(i) = R_f + \beta (R_m - R_f) \quad (5)$$

Onde:

$R(i)$  = retorno do ativo;

$R_f$  = taxa de retorno do ativo livre de risco;

$\beta$  = coeficiente de volatilidade entre o ativo e o mercado;

$R_m$  = retorno da carteira de mercado;  
 $(R_m - R_f)$  = prêmio pelo risco.

O coeficiente beta ( $\beta$ ), Equação 6, pode ser obtido levando em consideração os retornos históricos do ativo em relação aos retornos do mercado, que são baseados no retorno médio de uma amostra significativa em um banco de dados. Assim, o beta de uma carteira é composto pela soma dos produtos entre as proporções aplicadas em cada ação e o beta de cada ação. De acordo com as hipóteses, todos os investidores aplicarão suas riquezas na carteira de mercado situada na linha de mercado ou fronteira eficiente (CASACCIA ET AL., 2011).

$$\beta = \frac{COV_{i,m}}{\theta_m^2} \quad (6)$$

Onde:

$\beta$  = coeficiente de volatilidade entre o ativo e o mercado;

$COV_{i,m}$  = covariância entre o ativo e o mercado;

$\theta_m^2$  = variância do mercado.

De acordo com Forster (2009), interpreta-se que o beta ( $\beta$ ) da carteira de mercado é sempre igual a 1, sendo assim ele pode ser analisado das seguintes formas:

- $\beta > 1$ : o ativo apresenta um risco maior do que o risco do mercado;
- $\beta = 1$ : o ativo apresenta um risco igual ao do mercado;
- $\beta < 1$ : o ativo apresenta um risco menor que o do mercado.

Os retornos esperados e o risco dos ativos individuais, assim como as carteiras situadas na Linha de Mercado de Títulos (*Security Market Line – SML*), são considerados eficientes, ou seja, não possuem risco diversificável, sendo um dos pilares da Teoria Moderna de Finanças. Esse conceito é abordado pela Hipótese da Eficiência de Mercado (HEM), em que “um mercado eficiente pode ser definido como um mercado onde os preços dos ativos se ajustam instantaneamente à entrada de novas informações, e o preço corrente das ações reflete integralmente todas as informações disponíveis em relação ao ativo” (REILLY, 2008 *apud* CASACCIA ET AL., 2011, p. 16). Utilizada em pesquisas empíricas, a HEM identifica e mede o impacto das informações contábeis na formação do preço dos ativos de mercado, auxiliando

na explicação dos efeitos das informações mais relevantes sobre os preços dos ativos (FORSTER, 2009).

## **2.5 Medidas de Desempenho Financeiro da Carteira de Ativos**

Sendo o pioneiro na análise de riscos de investimento, Markowitz (1952) serviu de inspiração para o desenvolvimento de algumas medidas de desempenho financeiro para analisar o comportamento de uma carteira de ativos. “A partir de então, percebeu-se a importância da avaliação do risco associado aos investimentos, de modo que a maximização dos retornos deixou de ser priorizada e passou-se a avaliar o retorno ajustado ao risco assumido para obtê-lo” (MELO; MACEDO, 2011, p. 3).

O primeiro a avaliar o desempenho foi Treynor (1965), analisando o retorno em excesso por unidade de risco sistemático, enquanto Sharpe (1966) surgiu logo depois com uma medida parecida, porém analisando o risco global da carteira, sistemático e não-sistemático. Diferente dos anteriores, Jensen (1968) desenvolveu uma fórmula de desempenho absoluto baseado no Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM).

A avaliação de desempenho de portfólios é um fator importante no processo de investimento, determinando quando, quanto e como a seleção dos ativos dentro de uma carteira podem contribuir para aumentar o valor aplicado (CORREIA; NEVES, 2013). Comparam-se os resultados de uma carteira com aqueles obtidos por outras, que podem ser de um índice de mercado, um concorrente ou através do *benchmark* (MELO; MACEDO, 2011).

Analisando a performance de um investimento, os índices de desempenho acabam avaliando o perfil dos investidores, ajudando a diferenciar os investidores que, realmente, apresentaram estratégias habilidosas, daqueles que contaram com a sorte e daqueles que obtiveram maiores retornos por investirem em ativos mais arriscados (MELO; MACEDO, 2011).

### **2.5.1 Índice de Treynor**

Jack Treynor, em 1965, desenvolveu o Índice de Treynor, também conhecido como Recompensa pela Volatilidade, uma medida de avaliação que utiliza premissas do CAPM, dividindo o risco em duas partes: risco associado à variação do mercado (sistemático) e risco originados de aspectos únicos de cada ativo individual (não-sistemático) (GUIMARÃES

JÚNIOR; CARMONA; GUIMARÃES, 2015). Dessa forma, se utiliza o coeficiente beta ( $\beta$ ) como medida de risco sistemático, avaliando o risco do mercado para seleção de portfólio. A Equação 7 demonstra o desempenho da carteira como o prêmio pelo risco por unidade de risco assumido pelo investidor (GASPAR; SANTOS; RODRIGUES, 2014):

$$IT = \frac{R_i - R_f}{\beta_i} \quad (7)$$

Onde:

$R_i$  = retorno esperado do ativo;

$R_f$  = retorno do ativo livre de risco;

$\beta_i$  = coeficiente beta ou risco sistemático do ativo.

O Índice de Treynor evidencia o retorno gerado por uma carteira por unidade de risco não diversificável, sendo calculado pelo quociente entre a rentabilidade média em excesso da carteira e o beta da carteira. Este índice de desempenho tem como base a SML, em que quanto maior o seu valor, melhor é o desempenho da carteira analisada. Normalmente, os valores do índice são comparados entre carteiras semelhantes ou em relação a uma carteira padrão. Lembrando que para que a medida seja correta é necessário que a carteira tenha passado por um processo de diversificação (CORREIA; NEVES, 2013).

### 2.5.2 Índice de Sharpe

O Modelo de Índice Único ou Modelo Diagonal de William Sharpe (1966) é uma forma mais simplificada de seleção de portfólio, pois considera que os ativos não estão correlacionados entre si, trata-se de analisar uma carteira em relação a um índice representado pela média do mercado (PEROTTI JUNIOR; PAYÉS, 2015). O Índice de Sharpe, como é conhecido popularmente, tem como base de cálculo o desvio-padrão da carteira, ou seja, trabalha tanto com o risco sistemático como o não-sistemático de um portfólio, já que acredita que o desempenho de uma carteira pode sofrer alguma penalização caso haja uma diversificação ineficiente (GASPAR; SANTOS; RODRIGUES, 2014).

O Índice de Sharpe (ISh) mede o retorno extra (ou prêmio pelo risco) para cada unidade de risco global assumido pelo investidor, Equação 8 (GASPAR; SANTOS; RODRIGUES, 2014):

$$ISh = \frac{R_i - R_f}{\theta_i} \quad (8)$$

Onde:

$R_i$  = retorno esperado da carteira;

$R_f$  = retorno do ativo livre de risco;

$\theta_i$  = desvio-padrão (ou volatilidade) da carteira.

O ISh é calculado pelo quociente entre a rentabilidade média em excesso da carteira e o desvio-padrão dos retornos da mesma (CORREIA; NEVES, 2013). Permite que o investidor obtenha informações que o auxilie na escolha de fundos ou carteiras que proporcionem maior nível de desempenho, ou melhor dizendo, que gere maior retorno por unidade de risco global (GASPAR; SANTOS; RODRIGUES, 2014). Sendo assim, é possível saber se uma carteira tem desempenho superior a outra quanto maior o valor do índice se apresentar, pois informa se a rentabilidade do portfólio é compatível com o risco do mesmo (OTTO; SÉLLOS; ARAÚJO, 2017).

O Índice de Sharpe se baseia na Linha de Mercado de Capitais (*Capital Market Line* – *CML*), sendo válido na avaliação de carteiras pouco diversificadas, em que quanto maior o seu valor, melhor é o desempenho da mesma. Costumeiramente, comparam os valores do índice entre investimentos com características semelhantes ou com uma carteira padrão, exemplo, carteira BOVESPA (CORREIA; NEVES, 2013).

O Índice de Sharpe se apresenta de forma mais assertiva quando utilizado para medir o desempenho passado de uma carteira, pois é possível que a mesma apresente um risco não sistemático considerável devido a uma ineficiente diversificação (OTTO; SÉLLOS; ARAÚJO, 2017).

Devido a algumas mudanças que ocorreram no mercado, como a volatilidade das taxas de juros nos anos 70, assim como as tendências de gestão segmentada e alocação dos ativos através do *benchmark*, tornaram necessárias algumas adaptações da fórmula inicial do Índice de Sharpe. Em 1994, Sharpe lança a nova versão do seu índice, levando em consideração a média do excesso do retorno e o desvio-padrão do ativo livre de risco e da carteira, sendo denominado como Índice de Sharpe Generalizado, Equação 9 (GUIMARÃES JÚNIOR; CARMONA; GUIMARÃES, 2015):

$$ISG = \frac{\text{Média } (R_i - R_f)}{\theta(R_i - R_f)} \quad (9)$$

Onde:

Média  $(R_i - R_f)$  = média dos excessos de retorno da carteira em relação ao ativo livre de risco;

$\theta(R_i - R_f)$  = desvio-padrão dos excessos de retorno da carteira em relação ao ativo livre de risco.

### 2.5.3 Alfa de Jensen

O Alfa ( $\alpha$ ) de Jensen foi criado por Michael Jensen, em 1968, também com base no CAPM, avalia o desempenho da carteira na relação entre o beta e o retorno ajustado pelo risco, analisando a diferença entre a rentabilidade obtida pela carteira e a rentabilidade esperada pelo CAPM, tendo o beta ( $\beta$ ) como medida de risco não-diversificável (GUIMARÃES JÚNIOR; CARMONA; GUIMARÃES, 2015). A Equação 10 demonstra a fórmula para o cálculo desse desempenho (GASPAR; SANTOS; RODRIGUES, 2014):

$$\alpha = (R_i - R_f) - \beta_i (R_m - R_f) \quad (10)$$

Onde:

$R_i$  = retorno esperado da carteira;

$R_f$  = retorno do ativo livre de risco;

$\beta_i$  = coeficiente de volatilidade entre o ativo e o mercado;

$R_m$  = retorno do mercado.

Esta medida avalia o desempenho da carteira, medindo seu retorno, ajustado pelo risco, quando ocorre um resultado positivo significa que a carteira gerou um retorno maior que o esperado (OTTO; SÉLLOS; ARAÚJO, 2017).

O Alfa de Jensen é utilizado para retornos esperados, tanto da carteira como do mercado, durante um período de tempo. Quando se fala de retorno realizado ou verificado, deve-se adicionar um termo aleatório, ou seja, um erro aleatório, como demonstrado na Equação 11 (GUIMARÃES JÚNIOR; CARMONA; GUIMARÃES, 2015):

$$\alpha = (R_i - R_f) - \beta_i (R_m - R_f) - \varepsilon \quad (11)$$

De acordo com os estudos de Jensen, quando a situação é de equilíbrio perfeito, o erro aleatório será igual a zero, enquanto o prêmio pelo risco será igual a relação entre o beta e o retorno do mercado (GUIMARÃES JÚNIOR; CARMONA; GUIMARÃES, 2015).

### **3 METODOLOGIA**

Esta pesquisa se caracteriza como descritiva-exploratória de abordagem quantitativa, com natureza aplicada, tendo os dados obtidos por meio de levantamento bibliográfico. Sendo assim, o trabalho visa expor as características da situação através do emprego de instrumentos estatísticos, tanto na coleta de dados como no seu tratamento (ALMEIDA; SILVA; RIBEIRO, 2010)

Nesta pesquisa, o método de pesquisa descritiva-exploratória está dividido em cinco etapas: Definição da Amostra e Coleta de Dados, Seleção dos Ativos e Processamento de Dados. Essas etapas serão explicadas abaixo.

#### **3.1 Definição da Amostra e Coleta de Dados**

O Índice Ibovespa é o indicador de desempenho médio, que tem como objetivo representar os ativos de maior negociabilidade e representatividade do mercado acionário brasileiro (PERROTI JUNIOR; PAYÉS, 2015). Dessa forma, para esta pesquisa, foram coletados os valores mensais do fechamento ajustado dos ativos de todas as empresas que compõem o Índice Ibovespa (IBOV) da Brasil, Bolsa, Balcão (B3), durante o período de 31/12/2013 a 31/12/2018. Outro dado utilizado na pesquisa foi a taxa livre de risco, que neste caso foi definida pela taxa Selic, enquanto a taxa de mercado foi obtida pelo retorno médio mensal da carteira Ibovespa (IBOV), sendo composta por 61 empresas (representada no Quadro 1 no Apêndice).

Os dados foram coletados na base de dados Economatica, que trabalha com fontes primárias de informações oficiais, sendo utilizado por milhares de analistas em inúmeras instituições, a ferramenta permite uma análise de balanços, mercado de ações, fundos de investimentos e títulos públicos, sempre prezando pela grande abrangência de dados e a alta confiabilidade (ECONOMATICA, 2015).

#### **3.2 Seleção dos Ativos**

A partir da coleta de dados das cotações de fechamento ajustado aos proventos das 61 empresas que compõem o Índice Ibovespa, foi constatado que alguns ativos não apresentavam cotação mensal para todo o período analisado nesta pesquisa. Sendo assim, os



mesmos foram excluídos da amostra, a saber: KLBN11, LOGG3, BRDT3, RAIL3, SUZB3 e VVAR3. Dessa forma, as ações selecionadas para compor a amostra correspondem a 90,77% da carteira BOVESPA (a carteira completa pode ser observada no Quadro 2 no Apêndice).

### 3.3 Processamento de Dados

Com a exclusão das empresas que não possuíam todos os dados desejados, foi possível elaborar uma planilha no *Software Microsoft Excel* para calcular a variação mensal de cada ativo, ou seja, o retorno contínuo dos ativos de janeiro de 2014 a dezembro de 2018, por meio da fórmula do logaritmo natural. O retorno contínuo foi aplicado nas cotações das ações selecionadas para compor a amostra e nas cotações da carteira IBOV.

Em seguida, calculou-se, no *Microsoft Excel*, o retorno médio de todos os ativos por meio da função MÉDIA, bem como o desvio-padrão e a variância dos ativos com o auxílio das funções DESVPAD.P e VAR.P (os resultados estão apresentados no Quadro 3 no Apêndice).

Também a partir do retorno, foi possível verificar o beta ( $\beta$ ) dos ativos utilizando a função INCLINAÇÃO(retornos da ação; retornos do Ibovespa), verificando a volatilidade entre um ativo e o mercado (Quadro 4 no Apêndice apresenta os resultados).

Em seguida, foi necessário encontrar a covariância entre todos os pares de ativos. Utilizando o *Microsoft Excel*, com o auxílio da ferramenta Análise de Dados (localizada na aba Dados), é possível selecionar a tabela com os retornos dos ativos e calcular a matriz de covariância automaticamente. Como a matriz não vem completa foi preciso preenche-la. Sabendo que a diagonal principal são as variâncias e as demais são as covariâncias, o preenchimento da matriz pode se dar de duas formas. A primeira, selecionando a coluna de covariâncias e clicando no recurso Colar Especial função TRANSPOR. A segunda, selecionando as células nas quais deseja que os dados apareçam e digitando a fórmula TRANSPOR(seleciona a coluna com as covariâncias) e depois pressiona, simultaneamente, o comando “Ctrl + Shift + Enter”. Neste cálculo, só se levou em conta os retornos dos ativos, assim tanto a Selic quanto o IBOV não participaram da matriz (passo a passo descrito nas Figuras 5 a 10 no Apêndice).

Depois de realizar todos os cálculos descritos, pode-se iniciar o processo de otimização da carteira pelo método de Markowitz. A primeira carteira foi composta por 59 ativos, tendo cada um a mesma porcentagem (ou peso) de investimento, de 1,69%, em que a

soma corresponde ao total investido no portfólio (100%), por causa dessa característica esta carteira pode ser denominada como “Carteira Simples” (PEROTTI JUNIOR; PAYÉS, 2015), já que não apresenta nenhum critério racional de diversificação (No Quadro 5 no Apêndice é apresentada a Carteira Simples). Para esta carteira foi calculado o risco, o retorno e o beta.

Com a definição da porcentagem inicial de investimento, foi possível calcular o retorno, desvio-padrão e beta da carteira, utilizando o *Microsoft Excel*, por meio das funções a seguir:

- Retorno da carteira ( $R_i$ ): `MATRIZ.MULT (TRANSPOR (pesos); retornos dos ativos)`, e depois pressiona, simultaneamente, o comando “Ctrl + Shift + Enter”;
- Desvio-padrão da carteira ( $\theta_i$ ): `RAIZ(MATRIZ.MULT(MATRIZ.MULT (TRANSPOR(pesos);matriz de covariância);pesos)`, e depois pressiona, simultaneamente, o comando “Ctrl + Shift + Enter”;
- Beta da carteira ( $\beta_i$ ): `SOMA(beta do ativo * peso do investimento no ativo)`.

A função Solver do *Microsoft Excel* foi utilizada para seleção da carteira ótima, pois busca a melhor solução para determinado problema a partir de uma função objetivo, variáveis e restrições, capaz de encontrar os pontos ideais (máximo e mínimo) do resultado desejado. Nesta pesquisa, o objetivo é a minimização do risco (desvio-padrão) e maximização do retorno da carteira, sendo assim, foi possível definir as células variáveis e as restrições ou critérios para seleção da carteira a ser analisada.

A segunda carteira teve como função objetivo a célula do desvio-padrão, tendo como objetivo sua minimização. Como células variáveis foram definidas as que continham a porcentagem (peso) de investimento em cada ativo. Enquanto que as restrições foram estabelecidas três: as porcentagens (pesos) de investimento tinham que ser maiores ou iguais a zero, a soma das porcentagens de investimento deve ser igual a 100% e o retorno da carteira teria que ser maior ou igual ao retorno do mercado (IBOV), como pode ser observado na Figura 11. Essa carteira pode ser denominada como “Carteira de Variância Mínima”, expressão utilizada por Markowitz para carteiras de menor risco possível (PEROTTI JUNIOR; PAYÉS, 2015).

Tendo realizado este procedimento, ao executar o Solver, foram definidos os valores de desvio-padrão, beta e retorno da carteira de tal maneira que, para o retorno instituído, se encontrou o menor risco possível para carteira.

**Figura 11 – Parâmetros do Solver para Minimização do Risco**

The screenshot shows the 'Parâmetros do Solver' (Solver Parameters) dialog box. The 'Definir Objetivo:' (Set Objective) field is set to '\$G\$4'. The 'Para:' (To) section has three radio buttons: 'Máx.' (Max), 'Min.' (Min), and 'Valor de:' (Value of). The 'Min.' radio button is selected, and the 'Valor de:' field is set to '0'. The 'Alterando Células Variáveis:' (Changing Variable Cells) field is set to '\$D\$3:\$D\$61'. The 'Sujeito às Restrições:' (Subject to the Constraints) list contains three constraints: '\$D\$3:\$D\$61 >= 0', '\$D\$62 = 1', and '\$G\$3 >= \$G\$9'. To the right of the list are buttons for 'Adicionar' (Add), 'Alterar' (Change), 'Excluir' (Delete), 'Redefinir Tudo' (Reset All), and 'Carregar/Salvar' (Load/Save). Below the constraints list is a checked checkbox 'Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas' (Make Variable Non-Negative). The 'Selecionar um Método de Solução:' (Select a Solving Method) dropdown is set to 'GRG Não Linear' (GRG Nonlinear). To the right of the dropdown is an 'Opções' (Options) button. Below the dropdown is a text box with instructions: 'Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.' At the bottom of the dialog are three buttons: 'Ajuda' (Help), 'Resolver' (Solve), and 'Fechar' (Close). The 'Resolver' button is highlighted with a blue border.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Já a terceira carteira foi denominada como “Carteira de Máximo Retorno” (PEROTTI JUNIOR; PAYÉS, 2015), já que possibilita encontrar o maior retorno possível que a carteira com base nos requisitos estabelecidos. Teve como função objetiva a célula do retorno, visando sua maximização. Como células variáveis foram definidas as que continham a porcentagem (peso) de investimento em cada ativo. Enquanto as restrições, foram estabelecidas três: as porcentagens (peso) de investimento tinham que ser maiores ou iguais a zero, a soma das porcentagens de investimento deve ser igual a 100% e o desvio-padrão da carteira teria que ser menor ou igual ao desvio-padrão do mercado (IBOV), como pode ser observado na Figura 12.

Definido todos os parâmetros necessários, feita a aplicação do Solver, foi possível obter o beta, desvio-padrão e retorno da carteira, em que para o risco definido se encontrou o maior retorno possível.

**Figura 12 – Parâmetros do Solver para Maximização do Retorno**

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: ☒ Máx. ☐ Mín. ☐ Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:

\$D\$3:\$D\$61 >= 0  
 \$D\$62 = 1  
 \$G\$4 <= \$G\$10

☒ Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução:

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares.  
 Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Ajuda Resolve Fechar

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Os resultados da relação risco-retorno das carteiras otimizadas foram comparados ao da Carteira Simples, que utiliza todos os ativos viáveis da carteira BOVESPA. Para analisar o desempenho das mesmas, foi calculado os três indicadores de desempenho, a saber: Índice de Sharpe, com base no desvio-padrão ( $\theta$ ), o Índice de Treynor, em relação ao beta ( $\beta$ ) e Alfa ( $\alpha$ ) de Jensen utilizando o beta e o retorno do mercado.

No caso do Índice de Sharpe, se tem a opção de utilizar duas fórmulas, a primeira com base no risco da carteira e a segunda denominada como Índice de Sharpe Generalizado. Para este trabalho optou-se a utilização da primeira fórmula, já que a mesma é empregada por alguns autores que estudam essa metodologia e serviram de embasamento teórico para este estudo, como Hieda e Oda (1998), Correia e Neves (2013), Gaspar, Santos e Rodrigues (2014), Silva, Nogueira e Ribeiro (2015), Otto, Séllos e Araújo (2017).

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Risco e Retorno das Ações da Carteira Ibovespa

Por meio dos dados históricos das cotações de todas as empresas que compõem o Índice Ibovespa, durante o período de quatro anos, foi possível calcular o retorno médio, desvio-padrão e beta dos ativos, possibilitando a identificação das ações mais rentáveis e mais arriscadas da carteira.

Como é possível verificar na Tabela 1, a ação MGLU3 possui a maior rentabilidade do período, de 5,41% a.m. Apesar de ter o maior retorno, a mesma possui um risco de 20,26%, ocupando a quarta posição no *ranking* do desvio-padrão (ver Quadro 3 no Apêndice), ou seja, o investidor que visa ter o melhor retorno dentre os ativos da carteira BOVESPA terá que enfrentar um alto risco para alcançar esse objetivo. Enquanto isso as ações CVCB3 e SANB11 possuem o mesmo retorno, tendo, respectivamente, 9,33% e 9,37% de risco. Partindo do princípio de que se um investidor estiver diante de dois investimentos que oferece o mesmo retorno, porém com riscos diferentes, ele escolherá o menos arriscado, assim a melhor opção é o ativo CVCB3, que apresenta o menor risco.

**Tabela 1 – *Ranking* do Retorno e do Risco da Amostra**

Retorno			Desvio-Padrão			Beta		
Posição	Código	Retorno Médio	Posição	Código	Desvio-padrão	Posição	Código	Beta
1	MGLU3	5,41%	1	USIM5	22,43%	1	USIM5	2,85
2	CVCB3	2,52%	2	GOLL4	21,53%	2	CSNA3	2,29
3	SANB11	2,52%	3	CSNA3	21,15%	3	PETR4	2,24
4	ELET3	2,45%	4	MGLU3	20,26%	4	GOLL4	2,23
5	LREN3	2,38%	5	GOAU4	19,53%	5	GOAU4	2,08

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Ainda analisando a Tabela 1, a ação ELET3, possui um retorno de 2,45% a.m. contrastando com um risco de 16,63%, sendo a sexta ação mais arriscada da carteira. Já a LREN3 tem um risco de 7,77%, o mais baixo em relação as quatro primeiras ações do *ranking*. Também foi possível identificar que 27 ações tiveram um retorno superior ao da Carteira IBOV, que foi de 0,89% a.m. (conforme Quadro 3 no Apêndice).

Sobre o risco da amostra mensurado pelo desvio-padrão, é possível verificar na Tabela 1, que das cinco ações mais arriscadas, só uma está entre as cinco ações com maior

retorno, a MGLU3, ocupando a primeira posição no *ranking* dos retornos médios. Observou-se que para o período analisado o desvio-padrão da carteira IBOV foi de 6,20% e que apenas dois ativos apresentaram desvio-padrão menor, a saber: EGIE3 e ABEV3, tendo, respectivamente, 5,02% e 4,81% de risco. É de se esperar que quanto maior o risco, maior o retorno, pois existe uma correlação positiva entre risco e retorno (GONÇALVES JUNIOR; GONÇALVES, 2006).

Sendo o beta ( $\beta$ ) o coeficiente de volatilidade entre o ativo e o mercado, quando este apresenta um  $\beta > 1$ , significa que o risco do ativo é maior que o risco de mercado. No caso desta pesquisa o risco de mercado é representado pelo IBOV. Dessa forma, como é possível verificar na Tabela 1, as cinco primeiras ações apresentam um risco superior que o de mercado. Outro ponto, é que quatro dessas ações, USIM5, CSNA3, GOLL4 e GOAU4, também apresentaram um desvio-padrão elevado, enquanto a PETR4, com beta igual a 2,24 ocupa a posição oitava no *ranking* dos desvios-padrões.

## 4.2 Otimização da Carteira

Nesta etapa são abordados os resultados obtidos com as três carteiras trabalhadas neste estudo, denominadas como Carteira Simples, Carteira de Variância Mínima e Carteira de Máximo Retorno. Buscou-se realizar os cálculos para otimização da carteira por meio do Solver e por meio dele identificar a participação de ações mais relevantes de maneira a maximizar o retorno e minimizar o risco.

### 4.2.1 Carteira Simples

A Carteira Simples é composta por 90,77% dos ativos que compõem a carteira BOVESPA, sendo um portfólio diversificado de forma irracional, em que foi atribuído o mesmo peso para os ativos, a saber: 1,69%, aos 59 ativos existentes, como pode ser observado no Quadro 5 no Apêndice. Os resultados obtidos com essa carteira estão apresentados na Tabela 2 abaixo.

**Tabela 2 – Resultados da Carteira Simples**

Retorno da carteira	Desvio-padrão da carteira	Beta da carteira
0,92%	6,56%	1,03

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

A carteira simples obteve um retorno de 0,92%, ao passo que o retorno do mercado foi de 0,89%. Ou seja, o retorno da carteira simples foi maior que o retorno da carteira de mercado. Observa-se também que o risco da carteira simples foi maior que o risco da carteira de mercado, justificando, portanto, o maior retorno obtido. Evidenciando, assim, o que foi afirmado por Gonçalves Junior e Gonçalves (2006) de que quando o retorno aumenta, aumenta-se o risco. O beta da carteira confirma que a Carteira Simples apresenta um risco maior que a carteira de mercado. Logo, percebe-se a correlação positiva entre o risco e retorno, que quando um aumenta o outro também sofre um aumento.

#### 4.2.2 Carteira de Variância Mínima

A carteira de Variância Mínima foi obtida a partir da ferramenta Solver do *Microsoft Excel*, tendo o objetivo de minimizar o risco da carteira, de forma que o retorno da carteira fosse maior ou igual ao do mercado. Assim, foi possível selecionar 14 ações de empresas diferentes para compor a carteira eficiente, como demonstrado na Tabela 3.

Como pode ser observado na Tabela 3, o maior investimento foi feito na ação ABEV3, que possui um risco inferior ao do mercado, a saber: 4,81% (ocupando a sexagésima posição do *ranking*, sendo mais arriscada, apenas, que a Selic). Enquanto a ação WEGE3 recebeu o segundo maior investimento da carteira, de 16,87%, isso ocorre, pois, a mesma apresenta um risco de 6,39% (conforme Quadro 3 em Apêndice), próximo ao risco da carteira IBOV de 6,20%. Em seguida, tem-se a EMBR3 com um investimento de 15,52%, que pode ser explicado pelo fato da ação possuir um retorno e risco próximo ao do mercado.

As ações VIVT4 e TAEE11, com os investimentos de, respectivamente, 11,97% (quarta posição) e 9,20% (quinta posição), contaram com essa porcentagem de aplicação por serem um dos ativos menos arriscados da carteira de mercado. Já a BRKM5 detém um investimento de 7,24%, que pode ser esclarecido pelo seu retorno ser duas vezes maior que o do mercado, ao mesmo tempo que o seu risco não representa o dobro de risco do mercado.

A EQTL3 obteve uma participação de 6,52%, tendo um risco de 6,38% (próximo ao da carteira de mercado) e com um retorno de 2,10% (maior que a carteira de mercado). Ao mesmo tempo que a EGIE3, com 5,88% de investimento, apresenta um risco menor que o do mercado, de 5,05%, e um retorno de 0,77%, abaixo do atingido pelo mercado.

Na MRFG3 foi investido 5,59%, em que a mesma possui um risco maior que o da carteira Ibovespa de 12,14%, com um retorno inferior ao mercado. Em contrapartida a RADL3,

com 1,99% aplicado, dispõe de um retorno superior ao da carteira, de 2,35%, e um risco de 8,04%.

O ativo CIEL3, com uma porcentagem de investimento de 1,00%, é o único, da composição da carteira eficiente, que apresenta um retorno negativo de - 0,92% e o seu risco maior que o da carteira de mercado de 8,86%. Já a UGPA3, com 0,78% investido, dispõe de um risco de 7,22%, próximo ao do mercado e um retorno de 0,12%.

Percebe-se, na Tabela 3, que as duas ações mais rentáveis, MGLU3 e CVCB3, estão presentes na carteira ótima, porém com uma proporção de investimento baixa, sendo, respectivamente, 0,37% e 0,02%, isso pode ser explicado pelos dois ativos apresentarem um risco alto se comparado com o risco da carteira de mercado.

Em um quadro geral sobre a formação da carteira ótima, visando a diminuição do risco, é possível constatar que os maiores investimentos foram nas ações com menor risco e que metade da carteira é formado por ações que obtiveram um retorno menor que o retorno da carteira de mercado, já que quanto maior o retorno, maior é o risco.

**Tabela 3 – Composição da Carteira de Variância Mínima**

Nº	Ação	% Investido
1	ABEV3	17,05%
2	WEGE3	16,87%
3	EMBR3	15,52%
4	VIVT4	11,97%
5	TAEE11	9,20%
6	BRKM5	7,24%
7	EQTL3	6,52%
8	EGIE3	5,88%
9	MRFG3	5,59%
10	RADL3	1,99%
11	CIEL3	1,00%
12	UGPA3	0,78%
13	MGLU3	0,37%
14	CVCB3	0,02%

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos com a otimização da carteira, em que a mesma alcançou o seu objetivo e obteve um desvio-padrão menor que o de mercado, 2,78% contra 6,20% do mercado, enquanto o seu retorno foi igual ao do mercado, de 0,89%. O beta da carteira confirma que a Carteira de Variância Mínima apresenta um risco menor que o



de mercado, já que o seu valor é de 0,31, como visto, beta menor que 1 indica que o risco da carteira é menor que o risco do mercado. Ou seja, entre a carteira Ibovespa e a Carteira de Variância Mínima, partindo da premissa de que ao se deparar com dois portfólios com o mesmo retorno, o investidor escolheria o que possui o menor risco (ALMEIDA; SILVA; RIBEIRO, 2010), o investidor optaria, então, pela segunda carteira.

**Tabela 4 – Resultados da Carteira de Variância Mínima**

<b>Retorno da carteira</b>	<b>Desvio-padrão da carteira</b>	<b>Beta da carteira</b>
0,89%	2,78%	0,31

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

#### **4.2.3 Carteira de Máximo Retorno**

A carteira de Máximo Retorno foi obtida a partir da ferramenta Solver do *Microsoft Excel*, tendo o objetivo de maximizar o retorno da carteira, de forma que o risco da mesma fosse menor ou igual ao do mercado. Com base nos parâmetros definidos na otimização, foi possível selecionar 4 ações que maximizam o retorno da carteira, como demonstrado na Tabela 5.

Na Tabela 5, pode-se verificar a participação de cada ativo na composição da carteira. O papel RADL3 é responsável por quase metade do investimento total, isso ocorre por ser a sexta ação mais rentável da carteira de mercado e por possuir um risco próximo ao do mercado, de 8,04%. A MGLU3, como já constatado anteriormente, é a ação mais rentável da carteira Ibovespa, porém é a quarta com o maior desvio-padrão. Como o objetivo desta otimização é a maximização do retorno, é imprescindível a participação dessas duas ações, que possuem retornos expressivos dentre as demais.

Porém, a condição para a otimização é de que o risco da Carteira de Máximo Retorno não seja maior que o risco de mercado, por isso é necessário o investimento em ações que apresentam um retorno acima do mercado, mas com um desvio-padrão que esteja próximo ao do mercado, como é o caso da EQTL3, com um risco de 6,38% contra 6,20% do mercado.

Também é possível identificar que as ações selecionadas apresentam um retorno maior que o dobro do retorno do mercado, começando a partir da BRKM5, que ocupa a décima primeira posição do *ranking* dos retornos.

**Tabela 5 – Composição da Carteira de Máximo Retorno**

Nº	Ação	% Investido
1	RADL3	43,18%
2	MGLU3	25,83%
3	EQTL3	20,70%
4	BRKM5	10,29%

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Na Tabela 6 são apresentados os resultados obtidos com a otimização da carteira, em que a mesma alcançou o seu objetivo e obteve um retorno maior que o de mercado, 3,30% contra 0,89% do mercado, enquanto o seu desvio-padrão foi próximo ao do mercado, de 6,20%. O beta da Carteira de Máximo Retorno é 0,63, ou seja, o risco da carteira otimizada é menor que o risco da carteira de mercado.

Sendo assim, ao comparar a carteira Ibovespa com a Carteira de Máximo Retorno, com base no pressuposto de que os investidores estão sempre insatisfeitos com o retorno de seus investimentos, por isso tendo que escolher entre carteiras com o mesmo risco, mas com retorno distintos, os mesmos escolhem a que possui o maior retorno (ALMEIDA; SILVA; RIBEIRO, 2010), o investidor elegeria a segunda carteira.

**Tabela 6 – Resultados da Carteira de Máximo Retorno**

Retorno da carteira	Desvio-padrão da carteira	Beta da carteira
3,03%	6,20%	0,63

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

#### 4.2.4 Comparação entre as Carteiras

Observou-se que as três carteiras selecionadas nesta pesquisa ofereceram um retorno superior ao do mercado, assim caso um investidor tivesse que escolher entre a carteira Ibovespa e uma das três carteiras apresentadas, ele ficaria com a segunda opção, apoiando-se nas premissas que envolvem o comportamento do investidor.

Dentre as três carteiras, a Carteira de Variância Mínima foi a que apresentou o menor risco e menor retorno, enquanto a Carteira de Máximo Retorno apresentou o maior retorno, isso prova que a diversificação da carteira promove um aumento do retorno e a diminuição do risco, como abordado por Markowitz (1952).

A Carteira Simples representa um investimento em 59 ativos que compõem a carteira Ibovespa, não sendo utilizado nenhum critério de diversificação, a carteira apresentou

a maior volatilidade em relação a carteira de mercado e as demais carteiras selecionadas nesta pesquisa, sendo assim, esta carteira não é adequada para se investir, pois há opções melhores.

O investidor racional optará por uma carteira que maximizará o retorno esperado para determinado grau de risco, ou seja, cada investidor se baseará em seu nível de satisfação e aversão ao risco para selecionar qual das duas carteiras otimizadas nesta pesquisa é a ideal (PEROTTI JUNIOR; PAYÉS, 2015).

Com base nos dados levantados e resultados obtidos, evidencia-se a importância da diversificação da carteira para a obtenção de maiores ganhos com o mínimo risco possível, as carteiras otimizadas provam que o investidor não precisa investir em todos os ativos do Índice Ibovespa para possuírem um retorno satisfatório. Assim como atesta que o Modelo de Seleção de Carteiras de Markowitz é viável para formação de uma carteira eficiente.

### 4.3 Desempenho das Carteiras

#### 4.3.1 Análise do Índice de Treynor das Carteiras

O Índice de Treynor, também conhecido como Recompensa pela Volatilidade, evidencia o retorno gerado por uma carteira por unidade de risco não-diversificável ( $\beta$ ), que quanto maior o valor do índice, melhor é o desempenho da carteira analisada (CORREIA; NEVES, 2013). Logo, foram calculados os índices de Treynor das carteiras otimizadas, que estão expostos na Tabela 7.

**Tabela 7 – Resultados do Índice de Treynor**

<b>Carteira Simples</b>	<b>Carteira de Variância Mínima</b>	<b>Carteira de Máximo Retorno</b>
0,05%	0,08%	3,44%

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Na Tabela 7, observa-se que a Carteira de Máximo Retorno obteve o melhor desempenho, de 3,44%. Isso acontece por causa do seu retorno ser o maior em relação as três carteiras e ao ativo livre de risco, assim como o seu beta é próximo ao beta do mercado. Enquanto a Carteira de Variância Mínima, mesmo tendo um beta menor que o do mercado, indicando que o seu risco não ultrapassa o risco da carteira de mercado, o seu excesso de retorno é de 0,03%.

Apesar de ter um excesso de retorno maior que o da Carteira de Variância Mínima, a Carteira Simples apresentou o pior desempenho em relação as demais carteiras, isso ocorre pela mesma ter um beta maior que o do mercado, indicando que seu risco é maior que o risco de mercado.

#### 4.3.2 Análise do Índice de Sharpe das Carteiras

O índice de Sharpe (ISh) mede o excesso de retorno em relação ao risco total da carteira (GUIMARÃES JÚNIOR; CARMONA; GUIMARÃES, 2015). Na Tabela 8 são apresentados os resultados obtidos desta medida de desempenho para cada carteira.

**Tabela 8 – Resultados do Índice de Sharpe**

Carteira Simples	Carteira de Variância Mínima	Carteira de Máximo Retorno
0,82%	0,94%	34,91%

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Na Tabela 8, é possível constatar que a Carteira de Máximo Retorno se destaca em relação as outras, obtendo um ISh de 34,91% de retorno por unidade de risco global. Seu desempenho superior em relação às demais carteiras está associado ao nível de excesso de retorno da carteira em relação ao ativo livre de risco e ao seu desvio-padrão ser igual ao do mercado, 6,20%.

A Carteira de Variância Mínima foi a que atingiu o segundo melhor desempenho, isso ocorreu por a mesma dispor de um risco menor que o do mercado, de 2,78%, assim como o seu retorno é maior que o do ativo livre de risco, com a diferença de 0,03%. Por último, tem-se a Carteira Simples, que obteve o pior desempenho em relação as três carteiras, tendo como principal motivo o seu risco, de 6,56%, ser maior do que as demais, consequentemente, sendo maior que o risco da carteira Ibovespa.

#### 4.3.3 Análise do Alfa de Jensen das Carteiras

O Alfa de Jensen é o índice de desempenho que mede o excesso de retorno obtido pela carteira após ajuste pelo risco sistemático, dado pela multiplicação do beta com o excesso do retorno de mercado (GASPAR; SANTOS; RODRIGUES, 2014). Dessa forma, foram

calculados os alfas das três carteiras formadas neste estudo, sendo os resultados apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9 – Resultados do Alfa de Jensen**

<b>Carteira Simples</b>	<b>Carteira de Variância Mínima</b>	<b>Carteira de Máximo Retorno</b>
0,03%	0,02%	2,15%

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Como é possível verificar, na Tabela 9, o melhor desempenho foi atingido, novamente, pela Carteira de Máximo Retorno tendo um Alfa de Jensen de 2,15%. Isso é explicado por a mesma ter um retorno superior tanto ao ativo livre de risco quanto da carteira de mercado. Enquanto isso, o desempenho da Carteira Simples e o da Carteira de Variância Mínima foi inferior ao da Carteira de Máximo Retorno, pois as mesmas possuem um excesso de retorno, comparado ao ativo livre de risco, relativamente baixo. A primeira carteira com excesso de retorno de 0,05% e a segunda com 0,02%, em contra partida a Carteira de Máximo Retorno tem um excesso de retorno de 2,17%.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com um ambiente financeiro cada vez mais incerto, os investidores anseiam por ferramentas de análise de investimentos confiáveis, que os auxiliem na tomada de decisão no mercado. Por isso estudos como o de Markowitz (1959) servem de base para o desenvolvimento de novos métodos de análise que possibilitem a diminuição dos riscos oferecidos pelo mercado.

A presente pesquisa teve como objetivo analisar o desempenho financeiro de uma carteira selecionada pela metodologia de Markowitz. Também teve como propósito analisar os resultados obtidos com a otimização utilizando os indicadores de desempenho financeiro, como o índice de Treynor, Índice de Sharpe e Alfa de Jensen.

Primeiramente, foram obtidos os dados a partir das cotações mensais de todos os ativos que compõem o Índice Ibovespa durante o período de 4 anos (dezembro de 2013 a dezembro de 2018). A partir dessa coleta foi possível calcular o retorno médio, desvio-padrão, beta, matriz de covariância e variância das ações. Logo em seguida, foi criada uma carteira sem seguir nenhum preceito de diversificação e embasamento teórico, seria um portfólio formado por um investidor irracional, em que todos os ativos teriam o mesmo peso. Essa carteira foi denominada como Carteira Simples. Com a utilização da ferramenta Solver do *Microsoft Excel* foram criadas as duas carteiras de investimento eficientes, uma com o intuito de maximizar o retorno, Carteira de Máximo Retorno, e a outra de minimizar o risco, Carteira de Variância Mínima.

A Carteira Simples foi composta por 59 ativos do Índice Ibovespa, tendo o investimento dividido igualmente entre eles, com a porcentagem de 1,69%, por não ter nenhum critério de diversificação a mesma apresentou o risco mais alto comparada as outras duas carteiras otimizadas. Apesar do retorno da carteira simples ter sido o segundo maior, o seu desempenho, frente aos três indicadores de desempenho analisados nesta pesquisa, foi inferior ao desempenho das demais carteiras. Dessa forma, é viável desconsiderar esta carteira para se realizar um investimento, já que ofereceu uma menor rentabilidade adicional por cada unidade de risco sistemático e risco total assumido.

A Carteira de Variância Mínima foi composta por 14 ações, tendo como intuito diminuir o risco, os maiores investimentos foram realizados nos ativos que possuem um desvio-padrão menor ou próximo ao do Ibovespa, assim como metade da carteira é composto por ativos que tem um retorno inferior ao do mercado, pois quanto maior o retorno, maior é o risco e vice-versa.

Com base nos resultados do índice de Treynor, índice de Sharpe e Alfa de Jensen, pode-se perceber que a Carteira de Máximo Retorno, composta por 4 ativos, mostrou ser a melhor opção de investimento, pois apresentou o maior valor para estes três indicadores de desempenho, ao oferecer uma maior rentabilidade adicional por cada unidade de risco não-diversificável e risco total assumidos, e retorno acima do mercado, pelo nível de risco da carteira de mercado.

Vale destacar, a importância dos indicadores de performance, visto que tais medidas estatísticas de mensuração de desempenho constituem em uma importante ferramenta de avaliação da rentabilidade de um investimento, pois fornece informações relevantes para a tomada de decisão, como foi possível observar neste trabalho.

A Carteira de Variância Mínima apresentou retorno igual ao Ibovespa, mas com nível de risco inferior, enquanto a Carteira de Máximo Retorno exibiu um rendimento superior ao do Índice Ibovespa, porém com um risco igual ao do mercado. Isso demonstra que a teoria de Markowitz é eficaz na seleção e composição das carteiras, no sentido de minimizar o risco associado ao retorno esperado, assim como maximizar o retorno para um dado risco assumido. No entanto, esses modelos levam em consideração resultados passados, sendo assim não são garantias de resultados futuros.

Dessa forma, recomenda-se como pesquisas futuras outros horizontes de tempo, bem como uma comparação do modelo de Markowitz com outros modelos de otimização de carteiras e uma projeção, para saber como é o comportamento dessa carteira eficiente durante um determinado período de tempo. Este trabalho contribuiu como um meio de apresentação de métodos de análise do mercado financeiro para auxiliar investidores que não possuem conhecimento na área e necessitam de subsídios para tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, N. S. de; SILVA, R. F. da; RIBEIRO, K. C. de S. Aplicação do Modelo de Markowitz na Seleção de Carteiras Eficientes: Uma Análise de Cenários no Mercado de Capitais Brasileiro. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 13., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2010.

BRASIL, BOLSA, BALCÃO. Ações. 2018. Disponível em: <[http://www.b3.com.br/pt\\_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm](http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm)>. Acesso em: 20 out. 2018.

CAMPOS, A. Total de Investidores Ativos da Bolsa Aumenta e Passa de 736 Mil. **Valor Econômico**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/financas/5723823/total-de-investidores-ativos-da-bolsa-aumenta-e-passa-de-736-mil>>. Acesso em: 02 set. 2018.

CORREIA, P. J. J.; NEVES, M. E. D. A Importância do Benchmark na Avaliação do Desempenho. **Revista Razão Contábil & Finanças**. Fortaleza, v. 4, n. 2, 2013.

CASACCIA, M. C.; GALLI, O. C.; MACÊDO, G. R. de; LEITÃO, C. Análise do Desempenho de Fundos de Investimentos: Um Estudo em Ações Brasileiras no Período de Janeiro de 2004 a Agosto de 2009. **Organizações em Contexto**. São Paulo, v. 7, n. 13, 2011.

COTIAS, A. Brasileiro Poupa mais e Engorda Aplicações. **Valor Econômico**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/financas/5003474/brasileiro-poupa-mais-e-engorda-aplicacoes>>. Acesso em: 05 set. 2018.

COTIAS, A. Metade da População tem Intenção de Investir, Mostra ANBIMA. **Valor Econômico**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/financas/5687769/metade-da-populacao-tem-intencao-de-investir-mostra-anbima>>. Acesso em: 05 set. 2018.

ECONOMATICA. 2015. Disponível em: <<https://economatrica.com/aboutthesystem.html>>. Acesso em: 30 out. 2018.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. O Modelo de Precificação de Ativos de Capital: Teoria e Evidências. **Revista de Administração de Empresas**. Rio de Janeiro, v. 47, n. 2, p.103-118, 2007.

FORSTER, G. Modelo de Precificação de Ativos – CAPM:: Um Estudo sobre a Apuração do Custo de Oportunidade do Capital Próprio. **Revista TECAP**. Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, p. 72-78, 2009.

GASPAR, B. C.; SANTOS, D. F. L.; RODRIGUES, S. V. Risco Versus Retorno das Ações do Setor Imobiliário da BM&BOVESPA no Período de 2009 – 2012. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa (RECADM)**. Paraná, v. 13, n. 3, p. 316-338, 2014.

GONÇALVES JUNIOR, C.; GONÇALVES, C. Tese do Modelo de Otimização de Carteiras pelo Índice Beta. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2006.



GUIMARÃES JÚNIOR, F. R. F.; CARMONA, C. U. de M.; GUIMARÃES, L. G. de A. Carteiras Formadas por Meio de Variáveis Fundamentalistas Apresentam Bom Desempenho de Mercado?. **Gestão & Regionalidade**. São Paulo, v. 31, n. 91, p. 87-104, 2015.

HIEDA, A.; ODA, A. L. Um Estudo sobre a Utilização de Dados Históricos no Modelo de Markowitz Aplicado à Bolsa de Valores de São Paulo. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 3., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1998.

MARKOWITZ, H. M. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

MELO, R. A. de; MACEDO, M. A. da S. Análise do Desempenho das Carteiras de Ações de Fundos de Investimento Multimercado Macro no Brasil no Período de 2005 a 2010. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 35., 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2011.

MENDES, A. C. F. V.; FERREIRA, F. S. Educação Financeira: As Opções da Nova Classe Média no Brasil. **Revista Hórus**. São Paulo, v. 7, n. 3, p. 19-36, 2012.

OTTO, G.; SÉLLOS, L.; ARAÚJO, D. Análise da Diversificação de um Portfólio de Renda Variável através de Indicadores de Desempenho. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 5., 2017, Santa Catarina. **Anais...** Santa Catarina: SIMEP, 2017.

PEROTTI JÚNIOR, R. N.; PAYÉS, M. A. M. Seleção de Carteiras de Investimento Segundo Harry Markowitz e William Sharpe. **ECOS**. São Paulo, v. 5, n. 1, p. 07-32, 2015.

PEREIRA, L. B. T.; HENRIQUE, D. C. Otimização de Investimentos pelo Modelo de Markowitz via Desenvolvimento de uma Ferramenta em Excel. **Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial**. Santa Catarina, v. 8, n. 16, p. 167-195, 2016.

SHARPE, W. F. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. **The Journal of Finance**, v. 19, n. 3, p. 425-442, 1964.

SILVA, B. A. de O.; NOGUEIRA, S. G.; RIBEIRO, K. C. de S. Aplicação Prática do Índice de Sharpe na Determinação de um Portfólio Ótimo de Ativos. **Revista Eletrônica de Administração**. Minas Gerais, v. 14, n. 1, p. 85-99, 2015.

SILVA, L. G. Análise de Portfólio: Riscos e Efeitos da Diversificação. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7., 2008, Espírito Santo. **Anais...** Espírito Santo: FAESA, 2008.

SILVA, W. V.; CORSO, J. M. del; SILVA, S. M. da; OLIVEIRA, E. de. Finanças Comportamentais: Análise do Perfil Comportamental do Investidor e do Propenso Investidor. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa (RECADM)**. Paraná, v. 7, n. 2, p. 1-14, 2008.

SILVEIRA, A. G.; SANTOS, D. F. L.; RODRIGUES, S. V. Análise do Desempenho das Ações do Setor do Agronegócio na BM&FBOVESPA. **Revista de Administração IMED**. Rio Grande do Sul, v. 7, n. 1, p. 158-179, 2017. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/raimed/article/view/1453/1252>>. Acesso em: 05 set. 2018.

SOUZA, L. C. de; MASSARDI, W. de O.; PIRES, V. A. V.; CIRIBELI, J. P. Otimização de Carteira de Investimentos: Um Estudo com Ativos do Ibovespa. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**. Minas Gerais, v. 7, n. 3, p. 201-213, 2017.

## APÊNDICE

**Quadro 1 – Composição Setorial da Carteira Bovespa**

<b>Setores</b>	<b>Quantidade</b>
Previdência e seguros	1
Exploração de imóveis	4
Alimentos processados	3
Comércio	5
Transporte	4
Diversos	4
Serviços médico-hospitalares, análises e diagnósticos	2
Construção civil	2
Siderurgia e metalurgia	4
Mineração	2
Energia elétrica	7
Produtos de uso pessoal e de limpeza	1
Petróleo, gás e biocombustíveis	3
Água e saneamento	1
Telecomunicações	2
Viagens e lazer	1
Comércio e distribuição	3
Químicos	1
Madeira e papel	2
Intermediários financeiros	4
Bebidas	1
Serviços financeiros diversos	2
Material de transporte	1
Máquinas e equipamentos	1
<b>Total de Empresas</b>	<b>61</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

**Quadro 2 – Amostra de Ações**

Nome	Classe	Código	Nome	Classe	Código
1 Ibovespa	-	IBOV	34 Sabesp	ON	SBSP3
2 ItauUnibanco	PN	ITUB4	35 Hypera	ON	HYPE3
3 Bradesco	PN	BBDC4	36 BR Malls Par	ON	BRML3
4 Vale	ON	VALE3	37 Magaz Luiza	ON	MGLU3
5 Petrobras	PN	PETR4	38 Engie Brasil	ON	EGIE3
6 Petrobras	ON	PETR3	39 Klabin S/A	UNT N2	KLBN11
7 Ambev S/A	ON	ABEV3	40 Eletrobras	ON	ELET3
8 Brasil	ON	BBAS3	41 Tim Part S/A	ON	TIMP3
9 B3	ON	B3SA3	42 Estacio Part	ON	ESTC3
10 Itausa	PN	ITSA4	43 Cvc Brasil	ON	CVCB3
11 Lojas Renner	ON	LREN3	44 Eletrobras	PNB	ELET6
12 Ultrapar	ON	UGPA3	45 Petrobras BR	ON	BRDT3
13 Bradesco	ON	BBDC3	46 B2W Digital	ON	BTOW3
14 Suzano Papel	ON	SUZB3	47 Natura	ON	NATU3
15 JBS	ON	JBSS3	48 Multiplan	ON	MULT3
16 Rumo S.A.	ON	RAIL3	49 Cosan	ON	CSAN3
17 Telef Brasil	PN	VIVT4	50 Fleury	ON	FLRY3
18 Localiza	ON	RENT3	51 Sid Nacional	ON	CSNA3
19 BBSeguridade	ON	BBSE3	52 Bradespar	PN	BRAP4
20 BRF SA	ON	BRFS3	53 Taesa	UNT N2	TAEI11
21 Santander BR	UNT	SANB11	54 Energias BR	ON	ENBR3
22 Kroton	ON	KROT3	55 Usiminas	PNA	USIM5
23 Equatorial	ON	EQTL3	56 Cyrela Realt	ON	CYRE3
24 CCR SA	ON	CCRO3	57 MRV	ON	MRVE3
25 Gerdau	PN	GGBR4	58 Gerdau Met	PN	GOAU4
26 P.Acucar-Cbd	PN	PCAR4	59 Gol	PN	GOLL4
27 Braskem	PNA	BRKM5	60 Iguatemi	ON	IGTA3
28 Embraer	ON	EMBR3	61 Qualicorp	ON	QUAL3
29 Weg	ON	WEGE3	62 Smiles	ON	SMLS3
30 Lojas Americ	PN	LAME4	63 Marfrig	ON	MRFG3
31 Cemig	PN	CMIG4	64 Viavarejo	ON	VVAR3
32 Cielo	ON	CIEL3	65 Ecorodovias	ON	ECOR3
33 RaiaDrogasil	ON	RADL3	66 Log Com Prop	ON	LOGG3

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

**Quadro 3 – Ranking do Retorno Médio, Variância e Desvio-padrão**

Retorno Médio			Variância		Desvio-padrão	
1	MGLU3	5,41%	USIM5	5,03%	USIM5	22,43%
2	CVCB3	2,52%	GOLL4	4,64%	GOLL4	21,53%
3	SANB11	2,52%	CSNA3	4,47%	CSNA3	21,15%
4	ELET3	2,45%	MGLU3	4,11%	MGLU3	20,26%
5	LREN3	2,38%	GOAU4	3,81%	GOAU4	19,53%
6	RADL3	2,35%	ELET3	2,76%	ELET3	16,63%
7	ELET6	2,12%	BRAP4	2,48%	BRAP4	15,74%
8	EQTL3	2,10%	PETR4	2,44%	PETR4	15,62%
9	BTOW3	1,90%	BTOW3	2,40%	BTOW3	15,50%
10	RENT3	1,88%	ELET6	2,24%	ELET6	14,97%
11	BRKM5	1,80%	GGBR4	2,23%	GGBR4	14,92%
12	B3SA3	1,78%	PETR3	2,10%	PETR3	14,48%
13	ITUB4	1,76%	BBAS3	1,91%	BBAS3	13,82%
14	ITSA4	1,69%	ESTC3	1,76%	ESTC3	13,27%
15	BBDC4	1,63%	CMIG4	1,73%	CMIG4	13,14%
16	FLRY3	1,62%	VALE3	1,66%	VALE3	12,87%
17	BBAS3	1,55%	MRFG3	1,47%	MRFG3	12,14%
18	TAE11	1,46%	SMLS3	1,46%	SMLS3	12,09%
19	GOLL4	1,46%	KROT3	1,36%	KROT3	11,68%
20	MRVE3	1,34%	BRKM5	1,36%	BRKM5	11,68%
21	SMLS3	1,28%	QUAL3	1,25%	QUAL3	11,18%
22	WEGE3	1,26%	JBSS3	1,13%	JBSS3	10,65%
23	BBDC3	1,22%	ECOR3	1,13%	ECOR3	10,61%
24	IGTA3	1,17%	CYRE3	1,00%	CYRE3	9,99%
25	HYPE3	1,13%	NATU3	1,00%	NATU3	9,98%
26	LAME4	1,10%	MRVE3	0,96%	MRVE3	9,81%
27	VALE3	0,94%	FLRY3	0,95%	FLRY3	9,77%
28	IBOV	0,89%	BRML3	0,92%	BRML3	9,61%
29	BRAP4	0,89%	SBSP3	0,92%	SBSP3	9,60%
30	ENBR3	0,88%	BBDC4	0,91%	BBDC4	9,53%
31	SELIC	0,86%	CCRO3	0,89%	CCRO3	9,45%
32	PETR3	0,85%	PCAR4	0,88%	PCAR4	9,41%
33	CMIG4	0,80%	SANB11	0,88%	SANB11	9,37%
34	BBSE3	0,79%	BBDC3	0,88%	BBDC3	9,36%
35	MULT3	0,79%	CVCB3	0,87%	CVCB3	9,33%
36	EGIE3	0,77%	BRFS3	0,83%	BRFS3	9,11%
37	VIVT4	0,65%	CIEL3	0,78%	CIEL3	8,86%
38	PETR4	0,64%	RENT3	0,78%	RENT3	8,82%
39	ESTC3	0,64%	CSAN3	0,76%	CSAN3	8,70%
40	JBSS3	0,59%	B3SA3	0,76%	B3SA3	8,69%
41	MRFG3	0,52%	EMBR3	0,74%	EMBR3	8,61%
42	SBSP3	0,51%	HYPE3	0,71%	HYPE3	8,43%
43	CYRE3	0,42%	ITUB4	0,71%	ITUB4	8,43%
44	NATU3	0,38%	LAME4	0,71%	LAME4	8,42%
45	BRML3	0,34%	ITSA4	0,69%	ITSA4	8,28%
46	EMBR3	0,32%	RADL3	0,65%	RADL3	8,04%
47	CSAN3	0,19%	LREN3	0,60%	LREN3	7,77%
48	UGPA3	0,12%	TIMP3	0,57%	TIMP3	7,52%
49	ABEV3	0,11%	IGTA3	0,53%	IGTA3	7,28%
50	TIMP3	0,10%	UGPA3	0,52%	UGPA3	7,22%
51	KROT3	0,06%	MULT3	0,49%	MULT3	7,01%
52	GGBR4	-0,22%	ENBR3	0,46%	ENBR3	6,75%
53	ECOR3	-0,24%	TAE11	0,46%	TAE11	6,75%
54	PCAR4	-0,35%	BBSE3	0,45%	BBSE3	6,69%
55	CCRO3	-0,39%	WEGE3	0,41%	WEGE3	6,39%
56	QUAL3	-0,43%	EQTL3	0,41%	EQTL3	6,38%
57	CSNA3	-0,63%	VIVT4	0,39%	VIVT4	6,24%
58	USIM5	-0,68%	IBOV	0,38%	IBOV	6,20%
59	CIEL3	-0,92%	EGIE3	0,25%	EGIE3	5,05%
60	BRFS3	-1,25%	ABEV3	0,23%	ABEV3	4,81%
61	GOAU4	-1,90%	SELIC	0,00%	SELIC	0,23%

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

**Quadro 4 – Ranking do Beta dos Ativos**

1	USIM5	2,85
2	CSNA3	2,29
3	PETR4	2,24
4	GOLL4	2,23
5	GOAU4	2,08
6	BBAS3	2,03
7	PETR3	2,00
8	ELET3	1,76
9	BRAP4	1,67
10	GGBR4	1,59
11	ELET6	1,52
12	CMIG4	1,45
13	BBDC4	1,43
14	BBDC3	1,32
15	BTOW3	1,29
16	ITUB4	1,25
17	MGLU3	1,24
18	ITSA4	1,21
19	B3SA3	1,19
20	VALE3	1,18
21	CYRE3	1,06
22	ESTC3	1,06
23	SANB11	1,05
24	KROT3	1,05
25	BRML3	1,03
26	ECOR3	1,01
27	IBOV	1,00
28	RENT3	0,95
29	PCAR4	0,92
30	CCRO3	0,91
31	CVCB3	0,90
32	LREN3	0,87
33	SBSP3	0,86
34	CSAN3	0,85
35	BBSE3	0,84
36	IGTA3	0,83
37	SMLS3	0,82
38	MRVE3	0,82
39	QUAL3	0,82
40	LAME4	0,79
41	MULT3	0,79
42	NATU3	0,73
43	TIMP3	0,61
44	EQTL3	0,60
45	FLRY3	0,60
46	HYPE3	0,59
47	UGPA3	0,57
48	VIVT4	0,57
49	BRFS3	0,56
50	ENBR3	0,55
51	CIEL3	0,52
52	EGIE3	0,52
53	TAEE11	0,43
54	BRKM5	0,38
55	MRFG3	0,35
56	RADL3	0,34
57	JBSS3	0,32
58	ABEV3	0,27
59	WEGE3	0,24
60	SELIC	0,00
61	EMBR3	-0,14

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Figura 5 – Passo 1: Análise de Dados

Arquivo																		
Página Inicial																		
Inserir																		
Layout da Página																		
Fórmulas																		
Dados																		
Revisão																		
Exibir																		
Desenvolvedor																		
Power Pivot																		
O que você deseja fazer...																		
<div> <div>Obter Dados Externos</div> <div> <div>Nova Consulta</div> <div>Mostrar Consultas</div> <div>Da Tabela</div> <div>Fontes Recentes</div> </div> <div>Obter e Transformar</div> <div> <div>Atualizar Tudo</div> <div>Conexões</div> <div>Propriedades</div> <div>Editar Links</div> </div> <div>Conexões</div> <div> <div>Classificar</div> <div>Filtro</div> <div>Reaplicar</div> <div>Avançado</div> </div> <div>Classificar e Filtrar</div> <div> <div>Texto para Colunas</div> <div>Ferramentas de Dados</div> </div> <div> <div>Teste de Hipóteses</div> <div>Previsão</div> </div> <div> <div>Planilha de Previsão</div> <div>Previsão</div> </div> <div> <div>Subtotal</div> <div>Estrutura de Tópicos</div> </div> <div> <div>Desagrupar</div> <div>Analise de Dados</div> </div> <div> <div>Aggrupar</div> <div>Analise de Dados</div> </div> <div> <div>Solver</div> <div>Analise de Dados</div> </div> </div>																		
C3																		
=Cotações!C4/100																		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Figura 6 – Passo 2: Selecionar Intervalo

Arquivo																		
Página Inicial																		
Inserir																		
Layout da Página																		
Fórmulas																		
Dados																		
Revisão																		
Exibir																		
Desenvolvedor																		
Power Pivot																		
O que você deseja fazer...																		
<div> <div>Obter Dados Externos</div> <div> <div>Nova Consulta</div> <div>Mostrar Consultas</div> <div>Da Tabela</div> <div>Fontes Recentes</div> </div> <div>Obter e Transformar</div> <div> <div>Atualizar Tudo</div> <div>Conexões</div> <div>Propriedades</div> <div>Editar Links</div> </div> <div>Conexões</div> <div> <div>Classificar</div> <div>Filtro</div> <div>Reaplicar</div> <div>Avançado</div> </div> <div>Classificar e Filtrar</div> <div> <div>Texto para Colunas</div> <div>Ferramentas de Dados</div> </div> <div> <div>Teste de Hipóteses</div> <div>Previsão</div> </div> <div> <div>Planilha de Previsão</div> <div>Previsão</div> </div> <div> <div>Subtotal</div> <div>Estrutura de Tópicos</div> </div> <div> <div>Desagrupar</div> <div>Analise de Dados</div> </div> <div> <div>Aggrupar</div> <div>Analise de Dados</div> </div> <div> <div>Solver</div> <div>Analise de Dados</div> </div> </div>																		
D2																		
=Cotações!C4/100																		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		

Fonte: Elaborado pela autora (2019).



### Figura 7 – Passo 3: Matriz de Covariância Gerada

Arquivo	Página Inicial	Inserir	Layout da Página	Fórmulas	Dados	Revisão	Exibir	Desenvolvedor	Power Pivot	Q	o que você deseja fazer...							
		 Da Tabela Fontes Recentes		 Propriedades Editar Links			 Reaplicar Avançado				 Desagrupar Subtotal	 Análise de Dados						
Obter e Transformar			Conexões		Classificar e Filtrar			Ferramentas de Dados		Previsão		Estrutura de Tópicos		Análise				
A1																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		ABEV3	BTOW3	B3SA3	BBSE3	BRML3	BBDC3	BBDC4	BRAP4	BBAS3	BRKM5	BRFS3	CCRO3	CMIG4	CIEL3	CSAN3	CVCB3	CYRE3
2		ABEV3	0,00231															
3		BTOW3	0,001275	0,024034														
4		B3SA3	0,00153	0,004341	0,007556													
5		BBSE3	0,000674	0,00422	0,003937	0,004481												
6		BRML3	0,000758	0,004614	0,005656	0,003888												
7		BBDC3	0,001775	0,005109	0,006681	0,004519	0,006247	0,008758										
8		BBDC4	0,001666	0,006679	0,006706	0,004911	0,006513	0,008521	0,00908									
9		BRAP4	0,000583	0,005802	0,007153	0,004281	0,004213	0,006916	0,007648	0,024784								
10		BBAS3	0,001595	0,010872	0,009035	0,007244	0,008739	0,010827	0,011537	0,010274	0,019112							
11		BRKM5	-0,00012	0,001327	0,001524	0,000662	7,09E-05	0,001283	0,001377	0,001247	0,00325	0,013636						
12		BRFS3	0,000906	0,002639	0,002169	0,001382	0,001151	0,00283	0,003391	0,002895	0,003334	-0,00042	0,008296					
13		CCRO3	0,001072	0,004109	0,004763	0,003827	0,006073	0,005456	0,00579	0,002635	0,008204	0,000963	0,002212	0,008931				
14		CMIG4	0,000197	0,010746	0,006931	0,005602	0,007588	0,007783	0,008777	0,008461	0,013033	-0,00125	0,001346	0,006508	0,0017269			
15		CIEL3	0,000452	0,000497	0,002131	0,002503	0,002026	0,002318	0,002569	0,002499	0,004747	-0,00016	0,006036	0,002411	0,002623	0,007847		
16		CSAN3	0,00075	0,003073	0,00421	0,003227	0,003768	0,003977	0,004701	0,004491	0,006563	0,003223	0,000758	0,002646	0,004995	0,001402	0,007565	
17		CVCB3	0,000801	0,003036	0,004264	0,003314	0,003885	0,004551	0,005209	0,006459	0,007135	0,001158	0,000175	0,00415	0,006064	0,00238	0,002929	0,008699
18		CYRE3	0,000612	0,000612	0,005568	0,003805	0,005916	0,006353	0,006564	0,006405	0,009098	-0,00106	0,000963	0,004267	0,008881	0,002754	0,004158	0,004322
19		ECOR3	0,000541	0,002772	0,005504	0,003806	0,005489	0,005371	0,005897	0,006714	0,00746	0,000343	0,002787	0,005847	0,005667	0,003061	0,003247	0,005103
20		ELET3	0,00094	0,009503	0,008008	0,004131	0,006499	0,008692	0,009889	0,007412	0,014716	0,002001	0,005776	0,007255	0,011848	0,003238	0,006272	0,006628
21		ELET6	0,000674	0,008728	0,007002	0,003583	0,005438	0,006758	0,007809	0,008112	0,012041	0,003661	0,005161	0,005581	0,010129	0,002341	0,005877	0,006615
22		EMBR3	-0,00056	0,000353	-0,0142	-0,00038	0,000813	-0,00073	-0,00082	-0,00093	-0,0013	0,000602	-0,00192	-0,00166	-0,0009	-0,00171	0,000545	-0,00106
23		ENBR3	0,000325	0,001974	0,002627	0,001764	0,002646	0,002713	0,003114	0,001891	0,004397	0,00019	0,001626	0,004461	0,003191	0,002514	0,001936	0,002585

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

### Figura 8 – Passo 4: Preencher Matriz de Covariância

[illegible]

Fonte: Elaborado pela autora (2019).



Figura 9 – Passo 5: Preencher Matriz de Covariância

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Figura 10 – Passo 6: Matriz de Covariância Completa

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

**Quadro 5 – Percentual Investido na Carteira Simples**

Ativos			Ativos		
		%			%
1	ABEV3	1,69%	31	IGTA3	1,69%
2	BTOW3	1,69%	32	ITSA4	1,69%
3	B3SA3	1,69%	33	ITUB4	1,69%
4	BBSE3	1,69%	34	JBSS3	1,69%
5	BRML3	1,69%	35	KROT3	1,69%
6	BBDC3	1,69%	36	RENT3	1,69%
7	BBDC4	1,69%	37	LAME4	1,69%
8	BRAP4	1,69%	38	LREN3	1,69%
9	BBAS3	1,69%	39	MGLU3	1,69%
10	BRKM5	1,69%	40	MRFG3	1,69%
11	BRFS3	1,69%	41	MRVE3	1,69%
12	CCRO3	1,69%	42	MULT3	1,69%
13	CMIG4	1,69%	43	NATU3	1,69%
14	CIEL3	1,69%	44	PCAR4	1,69%
15	CSAN3	1,69%	45	PETR3	1,69%
16	CVCB3	1,69%	46	PETR4	1,69%
17	CYRE3	1,69%	47	QUAL3	1,69%
18	ECOR3	1,69%	48	RADL3	1,69%
19	ELET3	1,69%	49	SBSP3	1,69%
20	ELET6	1,69%	50	SANB11	1,69%
21	EMBR3	1,69%	51	CSNA3	1,69%
22	ENBR3	1,69%	52	SMLS3	1,69%
23	EGIE3	1,69%	53	TAE11	1,69%
24	EQTL3	1,69%	54	VIVT4	1,69%
25	ESTC3	1,69%	55	TIMP3	1,69%
26	FLRY3	1,69%	56	UGPA3	1,69%
27	GGBR4	1,69%	57	USIM5	1,69%
28	GOAU4	1,69%	58	VALE3	1,69%
29	GOLL4	1,69%	59	WEGE3	1,69%
30	HYPE3	1,69%			
Total			100,00%		

Fonte: Elaborado pela autora (2019).